

Оценка эффективности применения видеонаблюдения в системах противопожарной защиты

© А.Н. Членов✉, Т.А. Буцынская

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

АННОТАЦИЯ

Введение. Актуальность темы, раскрытой в статье, заключается в необходимости повышения эффективности обнаружения пожара. Одно из современных направлений решения данной задачи состоит в применении видеотехнологий. Целью статьи является разработка методики оценки эффективности применения видеонаблюдения в системе противопожарной защиты на основе сформированной математической модели.

Методы исследования. Для формирования математической модели использована теория пожарных рисков. Потенциальный риск необнаружения пожара введен как количественная мера возможности возникновения необнаруженного пожара на объекте защиты, развития и реализации его последствий для людей и материальных ценностей. Он рассчитывается как произведение максимальной вероятности возникновения пожара и вероятности его необнаружения используемыми техническими средствами и системами сигнализации. Эффективность применения видеонаблюдения в системе противопожарной защиты определяется на основе соответствия комплексного показателя риска необнаружения пожара допустимому значению.

Результаты исследования. Рассмотрены возможности повышения эффективности обнаружения пожара за счет применения видеотехнологий. Снижения риска необнаружения пожара можно достичь благодаря использованию пожарных извещателей с видеоканалом, обеспечивающих уменьшение времени достоверного обнаружения пожара. Вероятность достоверного обнаружения является важным параметром извещателя при его работе в составе пожарной сигнализации и характеризует степень выполнения его основной функции. Главными путями повышения эффективности обнаружения пожара являются совершенствование пожарных извещателей с видеоканалом, совместное использование пожарного видеодетектора и других устройств обнаружения, например, автоматических мультикритериальных извещателей, тепловизора, а также применение средств фото- и видеофиксации в системах централизованного наблюдения.

Выводы. Предложенная методика оценки эффективности применения видеонаблюдения в системах противопожарной защиты может быть использована для обоснования параметров установленных на объекте технических средств (систем) пожарной сигнализации и мер пожарной профилактики.

Ключевые слова: пожарная сигнализация; риск необнаружения пожара; вероятность достоверного обнаружения; пожарный извещатель с видеоканалом; пожарная видеоаналитика; передача видеоинформации

Для цитирования: Членов А.Н., Буцынская Т.А. Оценка эффективности применения видеонаблюдения в системах противопожарной защиты // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020. Т. 29. № 3. С. 95–102. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.03.95-102

✉ Членов Анатолий Николаевич, e-mail: chlenov@mail.ru

Performance evaluation of video surveillance in fire-fighting systems

© Anatoliy N. Chlenov✉, Tatiana A. Butcinskaya

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

ABSTRACT

Introduction. Rationale of the topic of this article is the need to improve the effectiveness of fire detection. One of the modern solutions to this problem is the use of video technology. The article is aimed at developing a method to assess the effectiveness of video surveillance in the fire protection system on the basis of the formed mathematical model.

Methods of Research. The fire risks theory is used for formation of mathematical model. The potential fire detection risk is introduced as a quantitative measure of the possibility of undetected fire occurrence at the protected facility, development and implementation of its consequences for people and material valuables. It is calculated as the product of the maximum probability of fire by the probability of its non-detection by the technical means and alarm systems used. The efficiency of video surveillance use in the fire protection system is determined on the basis of compliance of the complex risk index of fire non-detection with the permissible value.

Research Results. The possibilities of increasing the efficiency of fire detection through the use of video technology are considered. Reducing the fire detection risk can be achieved by using video channel fire detectors that reduce the time it takes

to reliably detect a fire. The probability of reliable detection is an important parameter of the detector during its operation in the fire alarm system and characterizes the degree of performance of its main function. The main ways to improve the efficiency of fire detection are the improvement of fire detectors with video channel, the joint use of fire video detectors and other detection devices, such as automatic multi-criteria detectors, thermal imaging camera, as well as the use of photo and video in centralized surveillance systems.

Conclusions. The offered method of estimation of efficiency of application of video surveillance in fire protection systems can be used for a substantiation of parameters of technical means (systems) of the fire alarm system and passive fire-fighting measures established on the facility.

Keywords: fire alarm; fire detection risk; probability of reliable detection; fire detector with video channel; fire video analytics; video information transfer

For citation: Chlenov A.N., Butcinskaya T.A. Performance evaluation of video surveillance in fire-fighting systems. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2020; 29(3):95-102. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.03.95-102 (rus.).

✉ Anatoliy Nikolaevich Chlenov, e-mail; chlenov@mail.ru

Введение

Пожарная безопасность защищаемого объекта определяется возможностью надежного обнаружения возгорания. Некачественная работа пожарной сигнализации может привести к гибели людей, недопустимому материальному и иному ущербу независимо от результата последующего тушения пожара.

Таким образом, потенциальный риск необнаружения пожара (НОП) можно определить как количественную меру возможности возникновения необнаруженного пожара на объекте защиты, развития и реализации его последствий для людей и материальных ценностей [1]. Опасность может быть ликвидирована, если своевременное обнаружение пожара произойдет менее чем за то время, которое необходимо для развития опасных факторов пожара до критических значений [2]. Это является необходимым условием обеспечения противопожарной защиты, формируемой на объекте комплексной системы безопасности (КСБ).

Целью настоящей статьи является разработка методики оценки эффективности применения видеонаблюдения в системе противопожарной защиты на основе сформированной математической модели.

Результаты, полученные при определении риска НОП, могут быть использованы при проектировании КСБ для обоснования параметров применяемых технических средств и мер пожарной профилактики.

Методы исследования

Характеристикой соответствия риска НОП допустимому значению является неравенство [1, 3]:

$$Q_{\text{ноп}} \leq Q_{\text{ноп}}^{\text{н}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{ноп}}$ — расчетная величина риска НОП;

$Q_{\text{ноп}}^{\text{н}}$ — предельное допустимое значение риска НОП.

Следует отметить, что в настоящее время официально принятого понятия риска НОП, как и его допустимого уровня, не установлено.

Расчетная величина риска НОП $Q_{\text{ноп}i}$ для i -го сценария возникновения пожара на конкретном объекте может быть определена с помощью выражения:

$$Q_{\text{ноп}i} = P_{\text{п}i} (1 - P_{\text{до}i}) (1 - P_{\text{дл}i}), \quad (2)$$

где $P_{\text{п}i}$ — оценка вероятности пожара на защищаемом объекте для i -го сценария, на основании статистических данных может быть определена как частота возникновения пожара в течение установленного периода времени [1];

$P_{\text{до}i}$ — оценка вероятности достоверного обнаружения возгорания пожарной сигнализацией для i -го сценария;

$P_{\text{дл}i}$ — оценка вероятности противодействия НОП дополнительных подсистем, входящих в КСБ объекта и реагирующих на факторы пожара, для i -го сценария.

Для типового состава КСБ в соответствии с ГОСТ Р 53704–2009 «Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования» в качестве дополнительной системы, формирующей $P_{\text{дл}i}$, может выступать подсистема видеонаблюдения и контроля, выполняющая, в качестве основной, функцию технологического контроля или охранного телевидения [4, 5]. Не следует исключать возможное положительное влияние на $P_{\text{дл}i}$ и других систем безопасности промышленного объекта.

Все возможные сценарии S_i НОП составляют конечное множество H , состоящее из k членов [3]:

$$H \subseteq (S_1, S_2, \dots, S_p, \dots, S_k). \quad (3)$$

Теоретически случайные события реализации возможных сценариев НОП можно считать независимыми, несовместными и образующими полную группу случайных событий.

Для конкретного объекта M при учете его конструктивных особенностей, а также имеющейся информации о вероятности реализации конкретных сценариев количество членов множества H может быть сокращено [3]:

$$H_M \subseteq (S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_l), l < k. \quad (4)$$

При формировании противопожарной защиты объекта M условие (1) должно быть выполнено для каждого возможного сценария НОП:

$$Q_{\text{ноп}i} \leq Q_{\text{ноп}}^M, i = 1, \dots, l. \quad (5)$$

При расчете должен выбираться тот сценарий развития пожара, при котором достигается худшее (максимальное) значение риска НОП. Поэтому в дальнейшем индекс « i » можно не указывать.

Если для объекта M максимальное значение риска НОП из всех возможных сценариев будет $Q_{\text{ноп}}^M$, то условие (5) можно записать в виде [3]:

$$Q_{\text{ноп}}^M \leq Q_{\text{ноп}}^d. \quad (6)$$

Таким образом, с учетом (3), условие эффективности обнаружения пожара будет

$$P_{\text{п}}(1 - P_{\text{до}})(1 - P_{\text{вн}}) \leq Q_{\text{ноп}}^d. \quad (7)$$

Графическое представление реализации условия (7) для конкретных выбранных значений параметров показано на рис. 1.

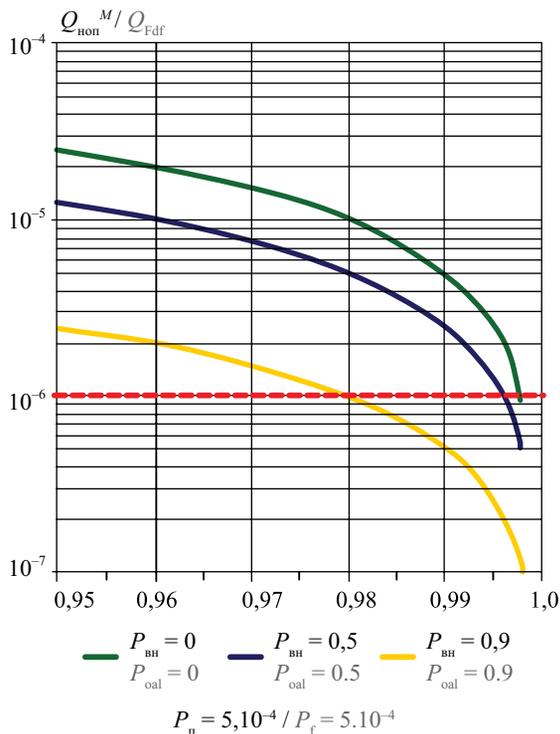


Рис. 1. Зависимость риска НОП от вероятности достоверного обнаружения пожара $P_{\text{до}}$

Fig. 1. Dependence of the FD (fire detection) risk on the likelihood of reliable fire detection D_{re}

Из графиков на рис. 1 следует, что практическое снижение уровня риска НОП до допустимого уровня может быть достигнуто увеличением вероятности достоверного обнаружения системой пожарной сигнализации $P_{\text{до}}$, а также усилением положительного влияния системы видеонаблюдения, входящей в КСБ.

Рассмотрим подробнее возможности увеличения вероятностей обнаружения пожара в выражении (7). Для этого проанализируем два основных на настоящий момент способа применения видеонаблюдения для обнаружения пожара и возможности повышения их эффективности.

Результаты исследования

Пожарные извещатели с видеоканалом обнаружения (ИПВ) используются в составе системы пожарной сигнализации, размещаемой непосредственно на защищаемом объекте.

Проведенный анализ [6, 7] позволил выявить основные направления разработки и использования ИПВ в системах пожарной сигнализации:

- специализированные разработки для обнаружения отдельных факторов пожара (дыма, пламени)¹ [8–11];
- универсальные ИПВ для обнаружения комплекса факторов, сопровождающих пожар [12–16];
- совместное использование пожарного видеодетектора и других устройств обнаружения пожара, например, автоматических мультикритериальных извещателей и тепловизора [17].

Первые патенты на устройства обнаружения пожара по видеоизображению относятся к концу XX в. Вскоре аналогичные разработки появились и в России. В начале XXI в. на рынок стали поступать устройства обнаружения пожара, использующие средства видеонаблюдения. Однако как в России, так и за рубежом их разработку и применение в системах противопожарной защиты сдерживало отсутствие официально признанных нормативных требований, определяющих основные технические характеристики и методы их испытаний.

Первый стандарт на пожарные видеодетекторы для автоматических систем пожарной сигнализации был разработан компанией FM Approvals LLC в 2011 г. [18]. В 2017 г. был создан международный стандарт ISO/TS 7240-29:2017 Fire Detection and Alarm System — Part 29 Video Fire Detectors, который определяет требования, методы испытаний и критерии эффективности для использования

¹ Patent № US 5,926,280 A. Fire detection system utilizing relationship of correspondence with regard to image overlap / T. Yamagishi, M. Kishimoto; Nohmi Bosai Ltd. Appl. No. 08/901,074, 28.07.1997. Publ. 20.07.1999.

в системах обнаружения пожара и сигнализации пожарных видеоизвещателей (VFD), работающих в видимом спектре и установленных в зданиях и вне их [19].

Требования к таким извещателям в России введены путем изменения 3 в ГОСТ Р 53704–2009, вступившего в действие в июне 2020 г. Это изменение трактуется достаточно широкое определение ИПВ и возможности его конструктивного исполнения. ИПВ, согласно требованиям стандарта, в зависимости от факторов обнаружения пожара, указанных в технической документации предприятия-изготовителя, должны реагировать на появление в поле зрения пламени и/или задымления.

Конструкция ИПВ не предусматривает обязательного моноблочного исполнения. В общем случае ИПВ может быть выполнен в виде выносного сенсора (объектива с видеокамерой) и общего устройства обработки контролируемых данных. При этом сенсор ИПВ может иметь возможность функционирования с несколькими объективами.

ИПВ или его блок обработки должен иметь оптические индикаторы либо возможность подключения выносного устройства индикации. Поэтому отличительной особенностью ИПВ от традиционных телекамер систем охранного или технологического видеонаблюдения становится наличие именно оптического индикатора. Изменение режима работы оптического индикатора (индикаторов) определяет переход извещателя в тревожный режим при испытаниях — отклик ИПВ. Какие-либо дополнительные требования к параметрам оптического индикатора и интерфейса ИПВ отсутствуют.

ИПВ может содержать встроенный или выносной источник подсветки, позволяющий обнаруживать пожар в условиях низкого уровня освещенности.

Вероятность достоверного обнаружения $P_{до}$ является основным параметром извещателя при его работе в составе пожарной сигнализации, характеризует степень выполнения функции основного назначения, а именно эффективность работы ИПВ как средства обнаружения.

Следует отметить, что $P_{до}$ определяется не только особенностями принципа действия самого извещателя, но и местом его размещения, ориентацией поля зрения, установленной чувствительностью и т.п. [20].

В процессе обнаружения присутствуют два практически независимых и последовательных этапа: установление тактического и приборного контакта цели с извещателем. Под тактическим контактом понимается процесс попадания цели в поле зрения извещателя. Приборный контакт характеризуется собственно процессом обнаружения.

Очевидно, что оба этих этапа являются функцией времени, как и соответствующие им вероятности.

$$P_{до}(t) = P_{тк}(t) P_{пк}(t), \quad (8)$$

где $P_{тк}(t)$ — вероятность тактического контакта;
 $P_{пк}(t)$ — вероятность приборного контакта.

Рассмотрим вероятность обнаружения ИПВ пожара за время t_d , считая $P_{тк}(t) = 1$.

$$t_o < t_d, \quad (9)$$

где t_o — время обнаружения пожара;
 t_d — время достоверного обнаружения цели исправным ИПВ.

$$P_{до}(t_o < t_d) = \int_0^{t_d} f(t_o) dt_o = \begin{cases} 1 - e^{-g_0 t_d}, & \text{при } t_d \geq 0; \\ 0, & \text{при } t_o < 0, \end{cases} \quad (10)$$

где g_0 — мгновенная плотность вероятности обнаружения пожара ИПВ.

Время t_d может быть определено из значений времени фиксирования фактора возгорания, установленного в технических условиях. Это время подтверждается экспериментально при межведомственных и типовых испытаниях на заводе-изготовителе в соответствии с методикой ГОСТ Р 53704–2009. Считая вероятность достоверной реализации случайного события в таких испытаниях $P_{до}(t_o < t_d) \geq 0,95$, получим неравенство, из которого определим область значений t_d . Отсюда

$$t_d \geq 2,996/g_0. \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что уменьшение времени достоверного обнаружения пожара должно достигаться увеличением параметра g_0 , определяемого методами получения и обработки видеоизображения.

Пожарная видеоаналитика может быть использована в системе видеонаблюдения, входящей в состав КСБ объекта. В частности, в совершенствовании систем централизованной вневедомственной охраны различных объектов достигнут значительный прогресс благодаря разработке и технической реализации методов сбора и обработки видеoinформации [21]. Этому способствовало применение цифровых каналов связи с высокой скоростью передачи информации, а также современных надежных сигнальных процессоров, обеспечивающих синхронное аппаратное сжатие видео- и аудиопотоков.

На рис. 2 представлен обобщенный пример технической реализации функций фото- и видеофиксации в системе централизованного наблюдения. Наиболее простым способом является установка на объектах стационарного специализированного

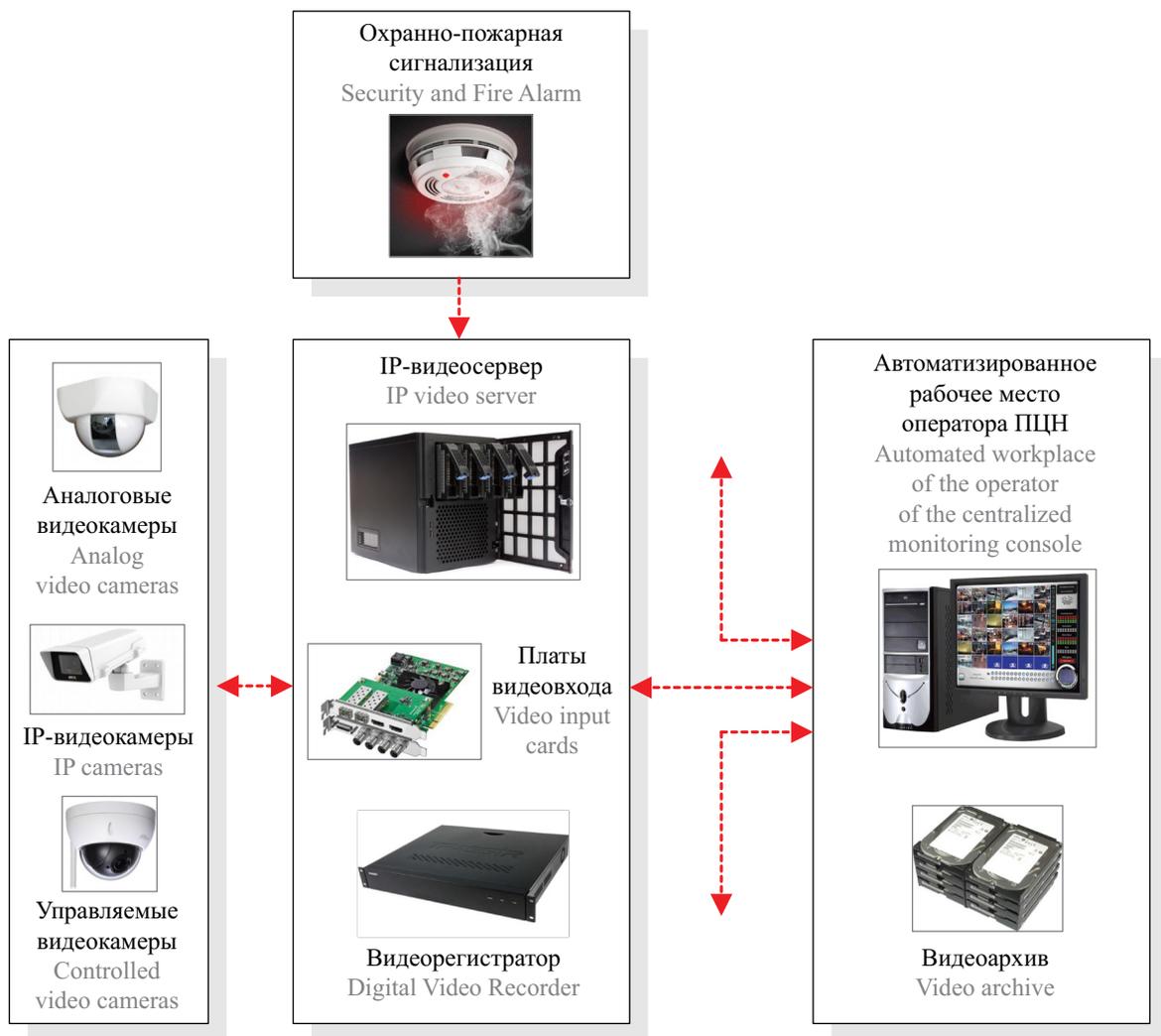


Рис. 2. Схема реализации фото- и видеофиксации в системе централизованного наблюдения
Fig. 2. Photo and video surveillance in centralized surveillance system diagram

многоканального видеозаписывающего оборудования для захвата и сохранения видеоизображений с видеокамер — видеорегистраторов и видеосерверов.

Данное оборудование обеспечивает работу в триплексном режиме, т.е. допускает одновременный вывод данных в режиме реального времени, формирование архива и его воспроизведение. Совместное функционирование объектовой охранно-пожарной сигнализации и видеозаписывающего оборудования может быть реализовано на программном уровне как в автоматическом, так и в ручном режимах работы [21].

Программное обеспечение, осуществляющее взаимодействие с объектовым видеооборудованием и обработку полученной информации с возможностью использования видеоаналитики, интегрировано в автоматизированные рабочие места (АРМ) дежурного пульта управления. У оператора пульта

имеется возможность получать видео- и аудиоданные из архивов объектовых видеосерверов и серверов, размещенных в пункте централизованной охраны [21].

Данный способ реализации видеонаблюдения имеет недостаток, связанный с необходимостью установки на контролируемых объектах дополнительного регистрирующего оборудования. Кроме того, при определенной загруженности сети возможна задержка передачи пакетов видеoinформации, которая может достигать десятков секунд и даже минут. Более рациональным является другая схема организации размещения и взаимодействия оборудования, при которой в одном блоке совмещены функции приемно-контрольного охранно-пожарного прибора и устройств приема, хранения и передачи видео на пульт централизованного наблюдения [21].

Таким образом, видеонаблюдение позволяет получить и эффективно использовать дополнительную информацию о состоянии охраняемого объекта для принятия правильных решений и организации оперативных действий при возникновении пожара, криминальных и других внештатных событиях [21].

Выводы

Эффективность применения видеонаблюдения для противопожарной защиты может быть оценена по уменьшению риска необнаружения пожара, который определяется как произведение максимальной вероятности возникновения пожара и вероятности его необнаружения используемыми техническими средствами и системами сигнализации.

Результаты оценки могут быть использованы при проектировании системы противопожарной защиты для обоснования параметров применяемых технических средств (систем) пожарной сигнализации и мер пожарной профилактики.

Снижение риска необнаружения пожара может быть достигнуто за счет применения в системе пожарной сигнализации пожарных извещателей с видеоканалом, обеспечивающих уменьшение времени достоверного обнаружения пожара.

Применение в автоматизированной КСБ системе видеонаблюдения дает дополнительные возможности увеличения эффективности обнаружения пожара в результате передачи и анализа видеoinформации в пункте централизованного наблюдения и управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Кленко Е.А.* Основы теории пожарных рисков и ее приложения. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 82 с.
2. *Зайцев А.В.* Достоверность и своевременность обнаружения пожара, и как их учесть в нормах на СПС // Алгоритм безопасности. 2016. № 2. С. 78–81.
3. *Членов А.Н., Рябцев Н.А., Буцынская Т.А.* Риск проникновения нарушителя на охраняемый промышленный объект // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 2 (84). С. 132–137. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.132-137
4. *Антоненко А.А., Буцынская Т.А., Членов А.Н.* Нормативное обеспечение систем комплексной безопасности объектов // Технологии техносферной безопасности. 2010. № 2 (30). С. 11.
5. *Зайцев А.Г., Членов А., Самышкина Е.* Роль стандартизации в аспекте обеспечения безопасности объектов и имущества // Алгоритм безопасности. 2015. № 2. С. 6–9.
6. *Членов А.Н.* Новые возможности управления противопожарной защитой объектов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2013. № 3. С. 48–53.
7. *Членов А.Н., Демехин Ф.В., Буцынская Т.А., Дровникова И.Г.* Новые направления применения видеотехнологий в системах безопасности // Вестник Московского энергетического института (Вестник МЭИ). 2009. № 3. С. 88–93.
8. Patent № US 5,926,280 A. Fire detection system utilizing relationship of correspondence with regard to image overlap / T. Yamagishi, M. Kishimoto; Nohmi Bosai Ltd. Appl. No. 08/901,074, 28.07.1997. Publ. 20.07.1999.
9. *Marbach G., Loepfe M., Brupbacher T.* An image processing technique for fire detection in video images // Fire Safety Journal. 2006. Vol. 41. Issue 4. Pp. 285–289. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.02.001
10. *Favorskaya M., Levitin K.* Early smoke detection in outdoor space by spatio-temporal clustering using a single video camera // Recent Advances in Knowledge-based Paradigms and Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 234. Switzerland: Springer, 2014. Pp. 43–56. DOI: 10.1007/978-3-319-01649-8_3
11. *Dukuzumuremyi J.P., Zou B., Hanyurwimfura D.* A Novel Algorithm for Fire/Smoke Detection based on Computer Vision // International Journal of Hybrid Information Technology. 2014. Vol. 7. Issue 3. Pp. 143–154. DOI: 10.14257/ijhit.2014.7.3.15
12. *Favorskaya M., Pyataeva A., Popov A.* Verification of smoke detection in video sequences based on spatio-temporal local binary patterns // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 60. Pp. 671–680. DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.205
13. *Минин И.В., Логачев В.Г.* Методика обнаружения возгорания с использованием цифровой обработки изображения // Фундаментальные исследования. 2016. № 6–2. С. 299–307.
14. *Schultze T., Kempka T., Willms I.* Audio–video fire-detection of open fires // Fire Safety Journal. 2006. Vol. 41. Issue 4. Pp. 311–314. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.01.002
15. *Celik T., Demirel H., Ozkaramanli H., Uyguroglu M.* Fire detection using statistical color model in video sequences // Journal of Visual Communication and Image Representation. 2007. Vol. 18. Issue 2. Pp. 176–185. DOI: 10.1016/j.jvcir.2006.12.003
16. *Toreyin B.U., Dedeoglu Y., Cetin A.E.* Flame detection in video using hidden Markov models // IEEE International Conference on Image Processing 2005. 2005. Vol. 2. P. 1230. DOI: 10.1109/ICIP.2005.1530284

17. Cetin A.E., Merci B., Günay O., Töreyn B.U., Verstockt S. *Methods and Techniques for Fire Detection: Signal, Image and Video Processing Perspectives*. Academic Press, 2016. 95 p.
18. Членов А.Н., Буцынская Т.А., Журавлев С.Ю., Николаев В.А. Об эффективности функционирования мультикритериального пожарного извещателя // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 25. № 12. С. 55–60. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.55-60
19. Антипов О. Извещатели пожарные с видеоканалом обнаружения. Текущее состояние и перспективы // Системы безопасности. 2017. № 2. С. 93–95.
20. Здор В.Л., Землемеров М.А., Рыбаков И.В., Сурков С.А. Особенности и перспективы применения извещателей пожарных с видеоканалом обнаружения // Актуальные проблемы пожарной безопасности : мат. XXVIII междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 409–413.
21. Шаровар Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. М. : Стройиздат, 1983. 335 с.
22. Серезевский А.В., Баринов И.А., Борисов С.П., Күзьмина Е.Н. Сравнительный анализ и перспективы развития использования средств фото и видеофиксации совместно с системами централизованного наблюдения // Алгоритм безопасности. 2016. № 2. С. 62–65.

REFERENCES

1. Brushlinskiy N.N., Sokolov S.V., Klepko E.A. *Fundamentals of the Theory of Fire Risks and Its Applications*. Moscow, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia Publ., 2011; 82. (rus.).
2. Zaytsev A.V. Reliability and timeliness of fire detection, and how to consider it in standards for fire alarm systems. *Algorithm Bezopasnosti Magazine*. 2016; 2:78-81. (rus.).
3. Chlenov A.N., Ryabtsev N.A., Butcinskaya T.A. Risk of entry of the offender to a protected industrial facility. *Technology of Technosphere Safety*. 2019; 2(84):132-137. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.132-137 (rus.).
4. Antonenko A.A., Butcinskaya T.A., Chlenov A.N. Regulatory support of systems integrated safety of objects. *Technology of Technosphere Safety*. 2010; 2(30):11. (rus.).
5. Zaytsev A.G., Chlenov A., Samyshkina E. The role of standardization in terms of ensuring the safety of facilities and property. *Algorithm Bezopasnosti Magazine*. 2015; 2:6-9. (rus.).
6. Chlenov A.N. New opportunities of management of fire-prevention protection of objects. *Fires and Emergencies: Prevention, Elimination*. 2013; 3:48-53. (rus.).
7. Chlenov A.N., Demekhin F.V., Butcinskaya T.A., Drovnikova I.G. New directions in the application of video technology in security systems. *Vestnik Moskovskogo Energeticheskogo Instituta (Vestnik MEI)*. 2009; 3:88-93. (rus.).
8. United States Patent No. US 5,926,280 A. Fire detection system utilizing relationship of correspondence with regard to image overlap / T. Yamagishi, M. Kishimoto; Nohmi Bosai Ltd. Appl. No. 08/901,074, 28.07.1997. Publ. 20.07.1999.
9. Marbach G., Loepfe M., Brupbacher T. An image processing technique for fire detection in video images. *Fire Safety Journal*. 2006; 41(4):285-289. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.02.001
10. Favorskaya M., Levitin K. Early smoke detection in outdoor space by spatio-temporal clustering using a single video camera. *Recent Advances in Knowledge-based Paradigms and Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 234*. Switzerland, Springer, 2014; 43-56. DOI: 10.1007/978-3-319-01649-8_3
11. Dukuzumuremyi J.P., Zou B., Hanyurwimfura D. A Novel Algorithm for Fire/Smoke Detection based on ComputerVision. *International Journal of Hybrid Information Technology*. 2014; 7(3):143-154. DOI: 10.14257/ijhit.2014.7.3.15
12. Favorskaya M., Pyataeva A., Popov A. Verification of smoke detection in video sequences based on spatio-temporal local binary patterns. *Procedia Computer Science*. 2015; 60:671–680. DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.205
13. Minin I.V., Logachev V.G. Fire detection method by using digital image processing. *Fundamental Research*. 2016; 6-2:299-307. (rus.).
14. Schultze T., Kempka T., Willms I. Audio–video fire-detection of open fires. *Fire Safety Journal*. 2006; 41(4):311-314. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.01.002
15. Celik T., Demirel H., Ozkaramanli H., Uyguroglu M. Fire detection using statistical color model in video sequences. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. 2007; 18(2):176-185. DOI: 10.1016/j.jvcir.2006.12.003
16. Töreyn B.U., Dedeoglu Y., Cetin A.E. Flame detection in video using hidden Markov models. *IEEE International Conference on Image Processing 2005*. 2005; 2:1230. DOI: 10.1109/ICIP.2005.1530284
17. Cetin A.E., Merci B., Günay O., Töreyn B.U., Verstockt S. *Methods and techniques for fire detection: signal, image and video processing perspectives*. Academic Press, 2016; 95.

18. Chlenov A.N., Butsynskaya T.A., Zhuravlev S.Yu., Nikolaev V.A. Operation efficiency of multicriterial fire detector. *Pozharovzryvobezопасnost/Fire and Explosion Safety*. 2016; 25(12):55-60. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.55-60 (rus.).
19. Antipov O. Fire detectors with video detection channel. Current status and prospects. *Security and Safety*. 2017; 2:93-95. (rus.).
20. Zdor V.L., Zemlemerov M.A., Rybakov I.V., Surkov S.A. Features and prospects for the use of fire detectors with video detection channel. *Actual Problems of Fire Safety : Materials of the XXVIII International Scientific-Practical Conference*. 2016; 409-413. (rus.).
21. Sharovar F.I. *Principles of building devices and systems for automatic fire alarm*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983; 335.
22. Serezevskiy A.V., Barinov I.A., Borisov S.P., Kuzmina E.N. Comparative analysis and development prospects for the use of photo and video fixation tools in conjunction with centralized surveillance systems. *Algoritm Bezopasnosti Magazine*. 2016; 2:62-65. (rus.).

Поступила 11.05.2020, после доработки 23.05.2020;

принята к публикации 29.05.2020

Received 11 May 2020; Received in revised form May 23 2020;

Accepted May 29, 2020

Информация об авторах

ЧЛЕНОВ Анатолий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры пожарной автоматики, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; Author ID: 474756, ORCID: 0000-0002-9774-1504; e-mail: chlenov@mail.ru

БУЦЫНСКАЯ Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник Учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; Author ID: 631650, ORCID: 0000-0002-4859-9011, e-mail: butcinskaya@mail.ru

Information about the authors

Anatoliy N. CHLENOV, Dr. Sci (Eng.), Professor, Honored Worker of Higher Education of Russian Federation, Professor of Department of Fire Automation, Academy of the State Fire Service of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; Author ID: 474756, ORCID: 0000-0002-9774-1504; e-mail: chlenov@mail.ru

Tatiana A. BUTCINSKAYA, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Senior Researcher of the Educational and Scientific Complex of Automated Systems and Information Technologies, Academy of the State Fire Service of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; Author ID: 631650, ORCID: 0000-0002-4859-9011; e-mail: butcinskaya@mail.ru