

И. А. Лобаев¹, Д. А. Вечтомов², В. В. Плешаков¹

(¹Академия ГПС МЧС России, ²Научно-техническое управление МЧС России;
e-mail: ialobaev@gmail.com)

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПОЖАРОВ ОТ БОЛЬШИХ ПЕРЕХОДНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

РЕЗЮМЕ

Введение. Действующая методика определения температуры нагрева электрических контактов от больших переходных сопротивлений (БПС), предусмотренная ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования" и ГОСТ Р 54103-2010 "Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой" не учитывает влияния на расчётные показатели температуры дуговых разрядов. Таким образом, возникновение пожара по причине дуговых разрядов при БПС необоснованно исключается из числа рассматриваемых версий и послужит основанием для объективного вменения вины по результатам экспертиз в рамках нормативных документов.

Цели и задачи. Целью исследования является установление области эффективного применения требований нормативных документов по пожарной безопасности при экспертизе пожаров.

Методы. Разработана лабораторная установка, моделирующая локальный нагрев до критической температуры и искрение в условиях больших переходных сопротивлений.

Результаты и их обсуждение. Лабораторная установка может быть использована для предварительной реконструкции исходной пожароопасной ситуации и определения принципиальной возможности возгорания изоляции контактного соединения в условиях, наиболее приближенных к реальным при проведении пожарно-технических экспертиз.

Выводы. Для достоверного диагностирования характера причинно-следственных связей между возникновением пожара, аварийным режимом работы электроустановки, а также требованиями нормативных документов при проведении пожарно-технических экспертиз, необходимо проведение дополнительных исследований на установке, моделирующей условия, наиболее приближенные к фактическим (в данном случае локальный нагрев и искрение при БПС), например, с помощью лабораторной установки.

Ключевые слова: большое переходное сопротивление, нормативные документы по пожарной безопасности, пожарно-техническая экспертиза.

Для цитирования: Лобаев И. А., Вечтомов Д. А., Плешаков В. В. Применение нормативных документов по пожарной безопасности при проведении экспертизы пожаров от больших переходных сопротивлений // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 1 (87). – 2020. – С. 83-92. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.83-92.

Действующая методика определения температуры нагрева электрических контактов от *больших переходных сопротивлений (БПС)*, предусмотренная ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования" и ГОСТ Р 54103-2010 "Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой" не учитывает влияния на расчётные показатели температуры дуговых разрядов.

Таким образом, возникновение пожара по причине дуговых разрядов при БПС необоснованно исключается из числа рассматриваемых версий и послужит основанием для объективного вменения вины по результатам экспертиз в рамках нормативных документов.

Определение характера причинно-следственных связей между возникновением и причинением вреда при пожаре производится с учётом соответствия электроустановок нормативным документам в области пожарной безопасности. Проблему такого соответствия представляет область применения требований пожарной безопасности, не отвечающих области обстоятельств механизма возникновения и развития большинства пожаров при исследовании и диагностировании аварийных ситуаций в электроустановках, в том числе и по пожарам, связанным с тепловым проявлением БПС. Такое положение приводит к экспертным ошибкам при анализе нарушений требований пожарной безопасности, повлекших возникновение пожара и причинение вреда, а также привлечение к правовой ответственности невиновных лиц.

Так, при проведении пожарно-технических экспертиз необходимо исследовать обстоятельства механизма возникновения и развития пожара с применением расчётных стандартных методик и стандартных испытаний, предусмотренных нормативными документами в области пожарной безопасности [6, 7]. Однако, при проведении расчётов температуры нагрева электрических контактов при возникновении повышенных переходных сопротивлений и стандартных испытаний на пожароопасность электротехнической продукции нет возможности оценить локальный нагрев и искрение в условиях БПС.

Необходимость в такой оценке возникла по причине низкой эффективности применения аппаратов защиты электрических цепей и устройств защитного отключения, предусмотренных ст. 82 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", поскольку возникновение пожара возможно даже при наличии в сети правильно выбранных аппаратов защиты электрических цепей [3].

В этой связи, численные параметры БПС (температура нагрева контактного соединения и время достижения критической температуры), которые можно получить в результате применения аналитических расчётных методов необходимо проверить на соответствие значениям стандартных методов испытаний электротехнических изделий на пожароопасность с учётом разработанных авторами лабораторных испытаний на нагрев контактных соединений в характерном пожароопасном режиме.

Стандартные методы испытания нагретой проволокой по ГОСТ Р 54103-2010 "Испытания на пожароопасность. Методы испытаний" устанавливают, что тление или горение образца провода с изоляцией продолжается не более 5 с после удаления накаливаемой петли, а испытуемый образец провода с изоляцией не сгорает полностью и также не загорается контрольный слой горючего материала изоляции. Такой образец считается выдержавшим испытание нагретой до температуры 650 °С проволоки. При этом для возникновения "неполного" короткого замыкания, приводящего к пожару достаточно оплавления или обугливания изоляции контактного соединения. На "неполное" короткое замыкание, то есть возникшее при большом переходном сопротивлении из-за неплотности контактов, образования окисной плёнки, обугливания изоляции не срабатывают аппараты защиты.

Для исследования данной проблемы необходимо смоделировать ситуацию БПС с целью определения максимальных температур на контактных соединениях с искрением и времени достижения критической температуры в 110 °С (температура плавления полиэтилена – материала изоляции), воздействующей на вещества и материалы, находящиеся в зоне нагрева. При достижении такой температуры происходит расплавление полиэтиленовой изоляции проводников, что приводит к коротким замыканиям, в том числе и "неполным", на которые не реагируют аппараты защиты и, как следствие, пожару.

Для моделирования БПС, возникающего в контактном соединении с образованием искрения, на кафедре надзорной деятельности в составе УНК ОНД Академии ГПС МЧС России авторами создана лабораторная установка. Установка, моделирующая локальный нагрев и искрение в условиях БПС, представляет собой электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых электрических ламп накаливания общего назначения (230 В, 60 Вт) – блок нагрузки, тепловизионной камеры с персональным компьютером – блок цифровой обработки, контактного соединения с устройством для создания вибрации. Установка, включает два контактирующего провода (материал жилы – медь), на одном из концов закреплён контакт замыкающий цепь (АТВ-4, материал – латунь), источник питания 220 В. В месте соприкосновения проводника и контакта возникает БПС с повышенным тепловыделением.

Для моделирования искрения, возникающего в условиях БПС, был использован принцип возникновения искры между поверхностями соприкосновения проводящих электрический ток материалов в момент периодического разрыва цепи. Контактующие провода размыкались возвратно-поступательным движением рычага, закреплённым на держателе от вращающегося вала. Вал приводился в действие электродвигателем с частотой вращения $\approx 1, 3, 5 \text{ с}^{-1}$. На момент размыкания цепи между контактами происходит искрение. Схема установки приведена на рис. 1.

В ходе эксперимента визуально наблюдалось прохождение искрового разряда (искры) между контактирующими проводниками. Наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности контактного соединения проводились с помощью тепловизионной камеры T420 FLIR. Испытания про-

водились в динамическом режиме с изменяемой потребляемой мощностью 60 Вт, 120 Вт, 180 Вт, 240 Вт, 300 Вт, 360 Вт, 420 Вт, 480 Вт. Кроме того, испытания проводились в режиме без искрения. В качестве результатов ряда из 7 экспериментов в одинаковых условиях принимаются усреднённые значения температуры нагрева и времени достижения критической температуры контактов.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2 и 3.

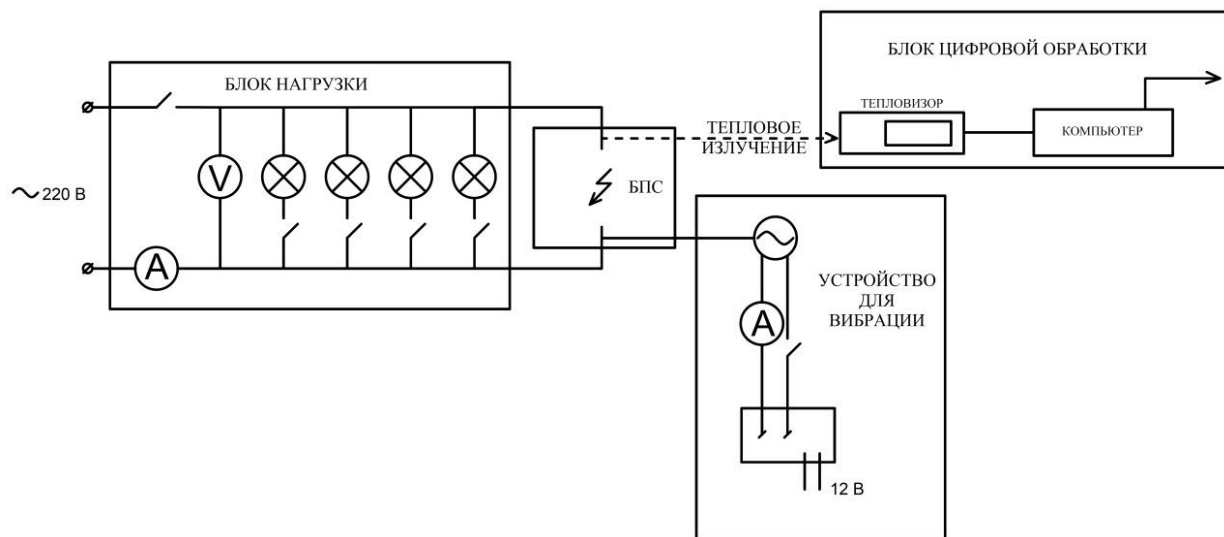


Рис. 1. Схема установки для моделирования БПС, возникающего в контактах при вибрации с искрением

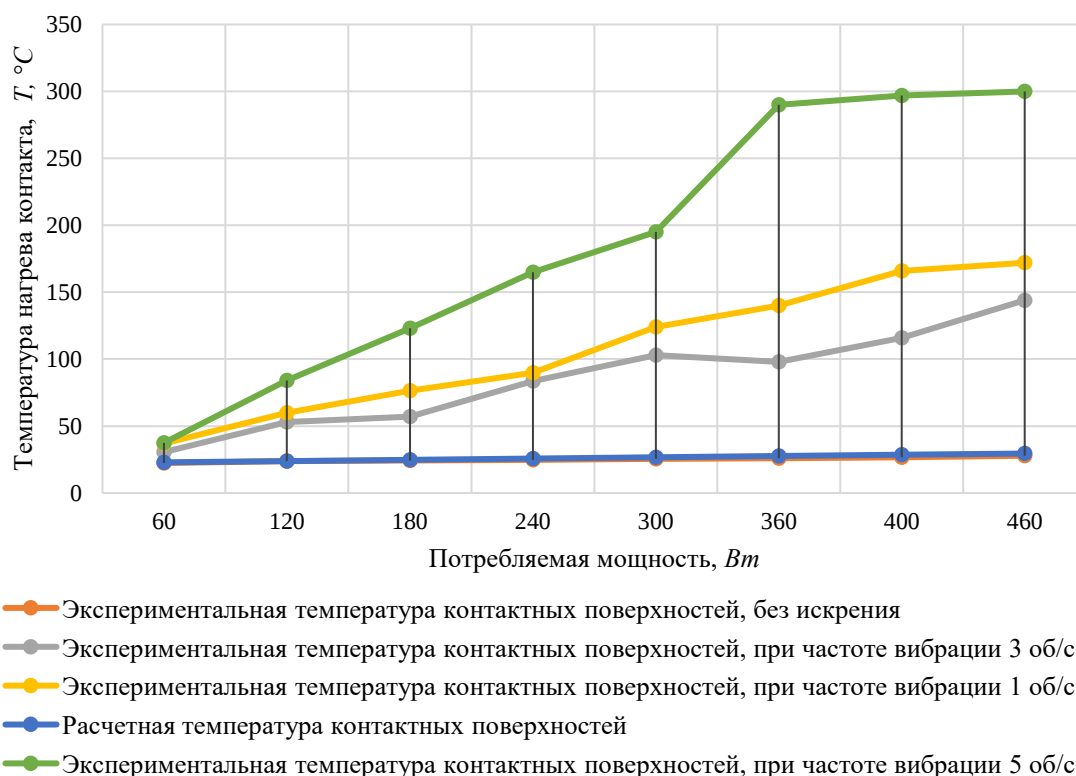


Рис. 2. Зависимость температуры нагрева контакта от БПС с искрением и без искрения

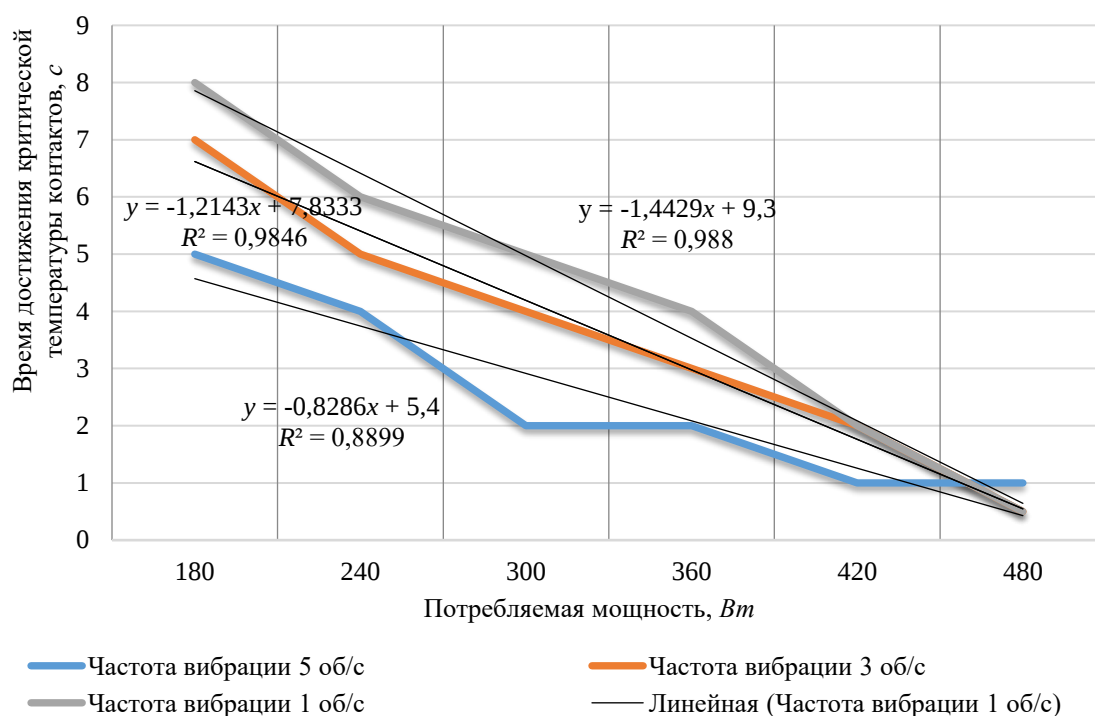


Рис. 3. Зависимость времени достижения критической температуры контактов 110 °С от потребляемой мощности.

Результат анализа температуры нагрева от потребляемой мощности контакта в условиях БПС представлен на рис. 2. Из графиков прослеживается коридор колебания максимальных и минимальных значений динамики температуры контактных поверхностей при различных режимах вибрации и потребляемой мощности лабораторной установки определяющий область несоответствия экспериментальной и расчётной температуры контактов в режиме без искрения и с искрением.

Зависимость времени достижения критической температуры контактов 110 °С от потребляемой мощности приведена на рис. 3.

Для расчёта температуры нагрева контактов при возникновении повышенных переходных сопротивлений, используем формулу 98, приведённую в ГОСТ 12.1.004-91 "Пожарная безопасность. Общие требования".

$$t_{н.к} = t_{ср} + \frac{P}{Sa_{общ}} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_k}} \right), \quad (1)$$

где $t_{ср}$ – температура среды, °С;

τ – время, с;

τ_k – постоянная времени нагрева контактов, с;

P – электрическая мощность, выделяющаяся в контактных переходах, Вт;

S – площадь поверхности теплообмена, м²;

$a_{общ}$ – общий коэффициент теплоотдачи, Вт·м⁻²·К⁻¹.

Сравнительные результаты расчётной и экспериментальной температуры контактных соединений от БПС представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты расчётов температуры контактных соединений от БПС
и максимальной экспериментальной температуры нагрева
контактов (с искрением) при испытании**

№ п/п	Температурный показатель, $T^{\circ}\text{C}$	Потребляемая мощность, Вт							
		60	120	180	240	300	360	420	480
1	Расчётная температура нагрева контактов ($t_{н.к.}$) (без искрения)	23	24	25	26	27	28	29	30
2	Максимальная экспериментальная температура нагрева контактов (с искрением)	37	84	123	165	195	290	297	300

Сравнение расчётной температуры нагрева контактов (без искрения) и максимальной экспериментальной температуры нагрева контактов показывает, что экспериментальная температура контактов превышает расчётную температуру более чем в 10 раз, аналитический расчёт не учитывает искрение вызванного БПС.

Таким образом, проведённое исследование позволяет прийти к предварительным выводам:

Разработанная лабораторная установка, моделирующая локальный нагрев и искрение, значения которых учитывают влияние на расчётные показатели дуговых разрядов от БПС, может быть использована для предварительной реконструкции исходной пожароопасной ситуации и определения принципиальной возможности возгорания [2] изоляции контактного соединения в условиях, наиболее приближенных к реальным при проведении пожарно-технических экспертиз.

Лабораторная установка и рекомендации по её применению могут быть использованы в методических рекомендациях по установлению причастности аварийных режимов работы электроустановки к возникновению пожара.

Результаты применения лабораторной установки могут являться дополнением к ГОСТ Р 54103-2010 "Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой" и учитываться при расчётах БПС по ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. "Пожарная безопасность. Общие требования".

Вывод

Для достоверного диагностирования характера причинно-следственных связей между возникновением пожара, аварийным режимом работы электроустановки, а также требованиями нормативных документов при проведении пожарно-технических экспертиз, необходимо проведение дополнительных исследований на установке, моделирующей условия, наиболее приближенные к фактическим (в данном случае локальный нагрев и искрение при БПС), например, с помощью лабораторной установки.

Литература

1. Козлачков В. И. Техническое регулирование в области пожарной безопасности. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 225 с.
2. Иванников В. Л., Зернов С. И. Методические основы экспертной оценки пожарной безопасности кабельных коммуникаций атомных станций. Киев: Минатомэнерго СССР, 1990. 172 с.
3. Чешко И. Д., Лебедев К. Б., Мокряк А. Ю. Экспертное исследование после пожара контактных узлов электрооборудования в целях выявления признаков больших переходных сопротивлений: метод. рекомендации. М.: ВНИИПО МЧС России, 2008. 60 с.
4. Селков Г. И. Пожарная безопасность электропроводок. М.: ООО "Кабель", 2009. 328 с.
5. Расследование и экспертиза пожаров: учеб. пособие / Сост. Козлачков В. И., Лобаев И. А., Ершов А. В., Вечтомов Д. А., Назаров С. А., Булгаков В. Г., Плешаков В. В., Карпов С. Ю., Волошенко А. А., Данилов А. М., Матюшина Е. А., Григорьев Д. Ю. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. 248 с.
6. Методология судебной пожарно-технической экспертизы: основные принципы. М.: ВНИИПО МЧС России, 2013. 23 с.
7. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х кн., Кн. 2. СПб.: СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. 364 с.

Материал поступил в редакцию 12 ноября 2019 г.; принят к публикации 16 января 2020 г.

I. A. Lobaev, D. A. Vechtomov, V. V. Pleshakov
APPLICATION OF NORMATIVE DOCUMENTS
ON FIRE SAFETY DURING THE EXAMINATION OF FIRES
FROM LARGE TRANSIENT RESISTANCES

ABSTRACT

Introduction. The current method for determining the heating temperature of electrical contacts from large transient resistances (BPS), provided for in GOST 12.1.004-91 SSBT "Fire safety. General requirements" and GOST R 54103-2010 "fire tests. Test method. Tests with heated wire" does not take into account the influence on the calculated values of the temperature of arc discharges. Thus, the occurrence of a fire due to arc discharges in BPS is unreasonably excluded from the considered versions and will serve as the basis of the imputed guilt based on the results of examinations within the framework of regulatory documents.

Goals and objectives. The purpose of the study is to establish the scope of effective application of the requirements of regulatory documents on fire safety in the fire examination.

Methods. A laboratory setup has been developed that simulates local heating to a critical temperature and sparking under conditions of high transient resistances.

Results and its discussion. The laboratory installation can be used for preliminary reconstruction of the initial fire hazard situation and determination of the principal possibility of ignition of the insulation of the contact joint in conditions that are closest to the real ones during fire technical examinations.

Conclusions. For a reliable diagnosis of the nature of cause-and-effect relationships between the occurrence of a fire, the emergency mode of operation of an electrical installation, as well as the requirements of regulatory documents during fire technical examination, it is necessary to conduct additional studies on a facility simulating conditions that are closest to the actual ones (in this case, local heating and sparking with BPS), for example, using a laboratory setup.

Key words: high transient resistance, regulatory documents on fire safety, fire-technical examination.

For citation: Lobaev I. A., Vechtomov D. A., Pleshakov V. V. Application of normative documents on fire safety during the examination of fires from large transient resistances. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 1 (87), 2020, pp. 83-92 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.83-92.

References

1. Kozlachkov V. I. *Tekhnicheskoe regulirovanie v oblasti pozharnej bezopasnosti* [Technical regulation in the field of fire safety]. Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2011, 37-40 p.
2. Ivannikov V. L., Zernov S. I. *Metodicheskie osnovy jekspertnoj ocenki pozharnej bezopasnosti kabel'nyh kommunikacij atomnyh stancij* [Methodical bases of expert assessment of fire safety of cable communications of nuclear power plants]. Kiev, Minatomjenergo USSR Publ., 1990, 172 p.
3. Cheshko I. D., Lebedev K. B., Mokryak A. Yu. *Jekspertnoe issledovanie posle pozhara kontaktnyh uzlov jelektooborudovanija v celjah vyjavlenija priznakov bol'shih perehodnyh soprotivlenij: metod. rekomendacii* [Expert research after fire of contact knots of electric equipment for the purpose of identification of signs of big transient resistances: methodical recommendation]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia Publ., 2008, 60 p.
4. Smelkov G. I. *Pozharnaja bezopasnost' jelektoprovodok* [Fire safety of electrical wiring]. Moscow, OOO "Kabel" Publ., 2009, 328 p.
5. *Rassledovanie i jekspertiza pozharov: ucheb. posobie* [Investigation and examination of fires: textbook]. Ed. by Kozlachkov V. I., Lobaev I. A., Ershov A. V., Vechtomov D. A., Nazarov S. A., Bulgakov V. G., Pleshakov V. V., Karpov S. Ju., Voloshenko A. A., Danilov A. M., Matjushina E. A., Grigor'ev D. Ju., Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2017, 248 p.
6. *Metodologija sudebnoj pozharo-tehnicheskoi jekspertizy: osnovnye principy* [Methodology of forensic fire-technical expertise: basic principles]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia Publ., 2013, 23 p.
7. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. *Analiz jekspertnyh versij vozniknovenija pozhara* [Analysis of expert versions of fire occurrence]. In 2 books, 2nd book, St. Petersburg branch of All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, 2012, 364 p.

Received 12 November 2019; accepted 16 January 2020

Информация об авторах

ЛОБАЕВ Игорь Александрович
канд. техн. наук, доцент; профессор кафедры надзорной деятельности; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, г. Москва, улица Бориса Галушкина, 4; ORCID ID: 0000-0002-1370-1610, РИНЦ Author ID: 369171; e-mail: I.Lobaev@academygps.ru

ВЕЧТОМОВ Денис Анатольевич
канд. техн. наук, старший инспектор отдела разработки и внедрения пожарно-спасательных технологий; Научно-техническое управление МЧС России; Российская Федерация, г. Москва, улица ул. Ватутина, д. 1; ORCID ID: 0000-0002-2303-0937, РИНЦ Author ID: 766502; e-mail: Vechtomov@mail.ru

ПЛЕШАКОВ Виталий Владимирович
заместитель начальника кафедры надзорной деятельности; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, г. Москва, улица Бориса Галушкина, 4; ORCID ID: 0000-0003-2698-1815, РИНЦ Author ID: 764189; e-mail: V.pleshakov@mail.ru

Information about the authors

LOBAEV Igor' Aleksandrovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Professor of Department of Supervisory Activities; State Fire Academy of EMERCOM of Russia; Russian Federation, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0002-1370-1610, RSCI Author ID: 369171; e-mail: I.Lobaev@academygps.ru

VECHTOMOV Denis Anatolyevich
Candidate of technical sciences, Senior inspector of the Department of Development and Implementation of Fire and Rescue Technologies; Scientific and Technical Department of EMERCOM of Russia; Russian Federation, Moscow, Vatutina St., 1; ORCID ID: 0000-0002-2303-0937, RSCI Author ID: 766502; e-mail: Vechtomov@mail.ru

PLESHAKOV Vitaly Vladimirovich
Deputy head of the department of supervision; State Fire Academy of EMERCOM of Russia; Russian Federation, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0003-2698-1815, RSCI Author ID: 764189; e-mail: V.pleshakov@mail.ru