

Тушение возгораний кабелей комплектных трансформаторных подстанций

© **Е.А. Овсянников^{1,2}, Д.А. Корольченко² ✉, В.Л. Семиков³**

¹ ООО «Пиротек» (Россия, 129226, г. Москва, ул. Докукина, 6, оф. 1)

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26)

³ Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

АННОТАЦИЯ

Введение. Согласно статистическим данным, на пожары, связанные с электротехническим хозяйством, приходится большая доля всех случаев. В связи с этим актуальным является повышение уровня противопожарной защиты объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК). В статье рассмотрен способ тушения электроустановок с применением пены высокой кратности. В качестве обоснования данных решений разработана методика расчета времени тушения пожаров высокочастотной пеной. Целью данной работы является определение расчетным путем зависимости времени тушения и удельного расхода пены, подаваемой для тушения пожара. Поставлены задачи исследования: 1) определить основные расчетные величины и перечень исходных данных; 2) рассчитать зависимость времени тушения и удельного расхода на примере комплектной трансформаторной подстанции 2БКТП-1000кВА.

Методика расчета. Строится на уравнении материального баланса пены, поданной для тушения, и пены, разрушенной при контакте с нагретой поверхностью кабельно-проводниковой продукции, составляющей основную пожарную нагрузку в электроустановках.

Результаты исследования. Произведен расчет времени тушения пожара на примере комплектной трансформаторной подстанции 2БКТП-1000кВА. По результатам расчета определены зависимости времени тушения от удельного расхода и интенсивности подачи пены.

Выводы. Определены основные расчетные величины, необходимые для построения модели тушения. Показан оптимальный удельный расход и интенсивность подачи пены. Дана авторская оценка возможности применения высокочастотной пены для тушения пожаров на электроустановках.

Ключевые слова: генераторы пены высокой кратности; время тушения; удельный расход пены; уравнение материального баланса; электроустановки

Для цитирования: Овсянников Е.А., Корольченко Д.А., Семиков В.Л. Тушение возгораний кабелей комплектных трансформаторных подстанций // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2020. Т. 29. № 6. С. 84–90. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.06.84-90

✉ Корольченко Дмитрий Александрович, e-mail: KorolchenkoDA@mgsu.ru

Extinguishment of cable fires at packaged transformer substations

© **Evgeniy A. Ovsyannikov^{1,2}, Dmitriy A. Korolchenko² ✉, Vladimir L. Semikov³**

¹ PIROTEK Ltd (Dokukina St., 6, office 1, Moscow, 129226, Russian Federation)

² National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation)

³ State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. According to the statistical data, electrical fires account for the majority of all fire accidents. Hence, better fireproofing of fuel and energy facilities is a relevant issue. The article addresses electrical fire extinguishment using high-expansion foam. An extinguishment time analysis methodology, applicable to fire extinguishment using high-expansion foam, has been developed to validate these solutions. The purpose of this article is to calculate the dependence between the fire extinguishment time and the foam consumption rate. The research objectives are to 1) identify the principal values to be used in the calculations and the list of input data; 2) to identify the dependence between the extinguishment time and the foam consumption rate using packaged transformer substation 2BKTP (1,000 kVA) as an example.

Calculation methodology. The calculation methodology is based on the material balance equation between the amount of foam, applied for firefighting purposes, and the amount of foam, destroyed as a result of its contact with the heated wire surface, which is the main fire load inside burning electrical facilities.

Research results. The co-authors have calculated the fire suppression time using packaged transformer substation 2BKTP (1,000 kVA) as an example. Dependencies between fire extinguishment time, specific foam consumption rate, and foam application rate are identified.

Conclusions. The co-authors have identified the main values, needed to simulate a fire extinguishing model. They have also shown optimal foam consumption and application rates and offered their assessment of the applicability of high-expansion foam to electrical fires.

Keywords: high-expansion foam generators; extinguishment time; specific foam consumption rate; material balance equation; electrical facilities

For citation: Ovsyannikov E.A., Korolchenko D.A., Semikov V.L. Extinguishment of cable fires at packaged transformer substations. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2020; 29(6):84-90. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.06.84-90 (rus).

✉ Dmitry Aleksandrovich Korolchenko, e-mail: KorolchenkoDA@mgsu.ru

Введение

Комплектные трансформаторные подстанции представляют собой сложный технологический объект. Причинами возгораний трансформаторных подстанций могут служить: ошибки при эксплуатации объекта техническим персоналом, некачественный электромонтаж или ремонт оборудования, кроме того, возможны перенапряжения электросетей, которые также способны привести к возникновению пожара [1, 2].

Из многочисленных статистических данных следует, что причинами пожаров на электроустановках являются: короткие замыкания — 43,3 %, перегрев горючих материалов и предметов, находящихся вблизи от посторонних источников тепла — 33,5 %, перегрузка проводов, кабелей — 12 %, искрение и возникновение электрической дуги — 3,5 %, нагрев строительных конструкций при выносе (переходе) из них электрических кабелей — 3 % [3, 4].

Ярким примером негативных последствий на объектах энергетики может служить авария 2005 г. на подстанции № 510 «Чагино», расположенной на юго-востоке Москвы. По оценке специалистов, причинами аварии послужили: старое электрооборудование подстанции; жаркая погода (авария произошла летом — в этот период нагрузки на электросеть возрастают по причине активного использования различной климатической техники со стороны потребителей); низкая квалификация персонала. От энергоснабжения были отключены 15 питающих центров и 5 городских ТЭЦ. В результате без электричества остались несколько районов Москвы, Подмоскovie и соседних областей. По уточненным данным правительства Москвы, ущерб от аварии только в столице составил 1,7 млрд руб. [5, 6].

С точки зрения тушения загораний, у объектов электроэнергетики существует ряд особенностей. Сложность ликвидации пожаров на подобных объектах заключается в наличии большой пожарной нагрузки в виде изоляции кабельной продукции, наличия трансформаторных масел [7–9]. Также стоит отметить, что тушение электроустановок осуществ-

ляется после снятия напряжения с электрооборудования, что, в свою очередь, препятствует своевременному тушению загораний [10–12].

Цель работы: разработать методику расчета времени тушения пожаров высокочастотной пеной на объектах электроэнергетики, в которых пожарную нагрузку преимущественно составляет изоляция кабельной продукции. Определить расчетным путем зависимость времени и удельного расхода при тушении пожара.

Задачи исследования:

- определить основные расчетные величины и перечень исходных данных;
- рассчитать зависимость времени тушения и удельного расхода на примере комплектной трансформаторной подстанции 2БКТП-1000кВА (рис. 1).

Методика расчета

В данной статье рассмотрен способ тушения высокочастотной полидисперсной пеной на примере комплектной трансформаторной подстанции 2БКТП-1000кВА (см. рис. 1).

Блок комплектной трансформаторной подстанции 2БКТП-1000кВА представляет собой функционально полноценную трансформаторную подстанцию и разделен металлической перегородкой на два отсека: отсек РУ-10/0,4кВ и отсек силового трансформатора [13, 14].

В качестве примера моделируется пожар в отсеке распределительных устройств. Пожарная нагрузка представляет собой изолированный электрический кабель. Связки кабеля расположены на высоте 2 м, длина пучка кабеля равна 9,1 м, в связке проложено 20 образцов радиусом 0,05 м.

Известно, что на распространение огня влияет не только объем проложенных кабелей, но и их взаимное размещение в пространстве [15]. Так, к примеру, кабели общепромышленного исполнения типов ВВГ и НРГ в количестве 5 шт. в большинстве случаев распространяют горение при вертикальном расположении образцов [16]. При этом устойчивое распространение горения наблюдается при распо-

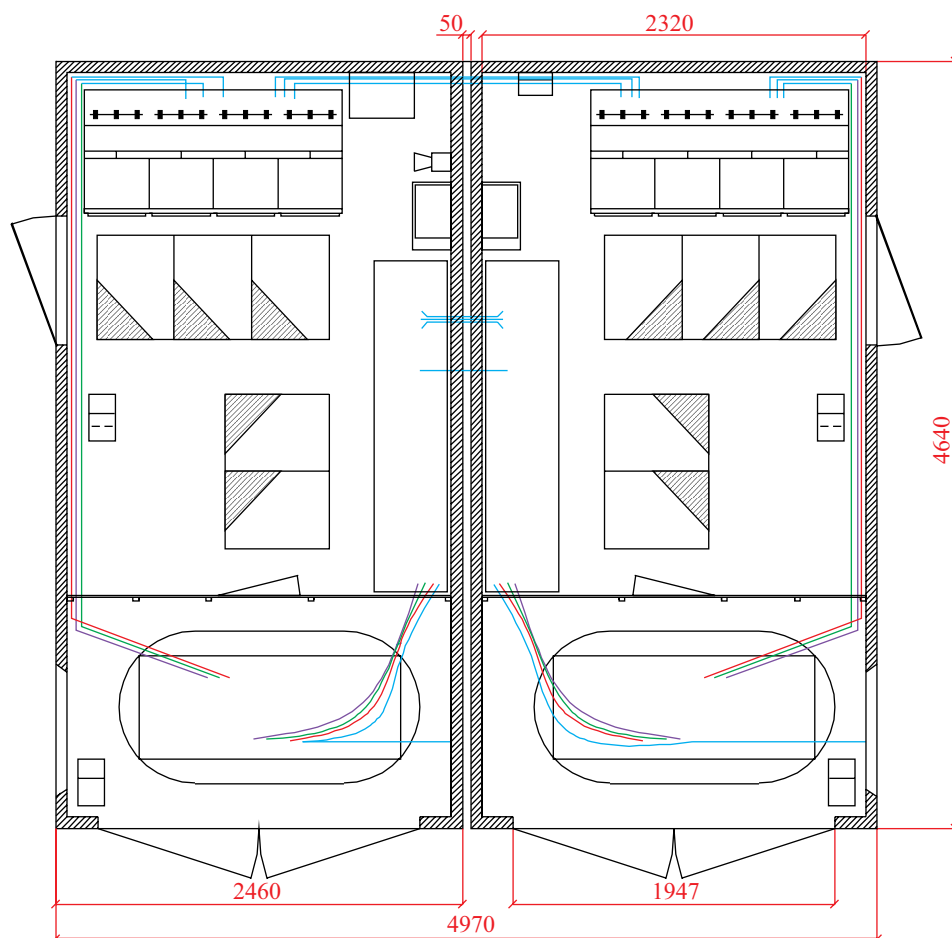


Рис. 1. Общий вид и внутреннее устройство 2БКТП-1000кВА

Fig. 1. General view and internal design of transformer substation 2BKTP (1,000 kVA)

ложении кабелей в пучке с зазором. Кроме того, на распространение пламени по поверхности кабеля влияет состав его полимерной оплетки и ее состояние [17, 18]. В местах прохода кабельных линий через ограждающие конструкции образовавшиеся зазоры должны герметизироваться негорючими материалами (пенами, герметиками).

Предполагается, что тушение горящих кабелей в помещении трансформаторной подстанции высотой h_0 происходит после заполнения его пеной до высоты $h = 0,8h_0$, и когда небольшой слой пены сформировался одновременно на всей поверхности помещения. Подаваемая в помещение пена, равномерно растекаясь, повышает толщину слоя и разрушается от соприкосновения с горячей поверхностью кабельных изделий [19].

Материальный баланс, описывающий процесс тушения воспламенения пеной, можно представить в виде двух частей: части пены, разрушаемой после соприкосновения с поверхностью горящих кабельных изделий, и частью накопившегося слоя пены:

$$qdt = US_k dt + \rho_f h_f dS_0, \quad (1)$$

где q — расход пены, кг/с;

τ — время тушения, с;

U — удельная скорость разрушения пены от контакта с горящими кабелями, кг/(м²·с);

S_k — площадь поверхности горящих кабелей, м²;

ρ_f — плотность пены, кг/м³;

h_f — высота слоя пены, м;

S_0 — площадь пола помещения, м².

Площадь поверхности воспламенившихся кабелей рассчитывается по формуле:

$$S_k = Lh, \quad (2)$$

где h — высота прокладки кабеля, м;

L — длина участка с кабелем, м.

При составлении уравнения сохранения массы пены необходимо учесть потери пены в процессе разрушения от контакта с горящим кабелем, а также определить зависимость времени тушения и удельного расхода пены от интенсивности подачи пены.

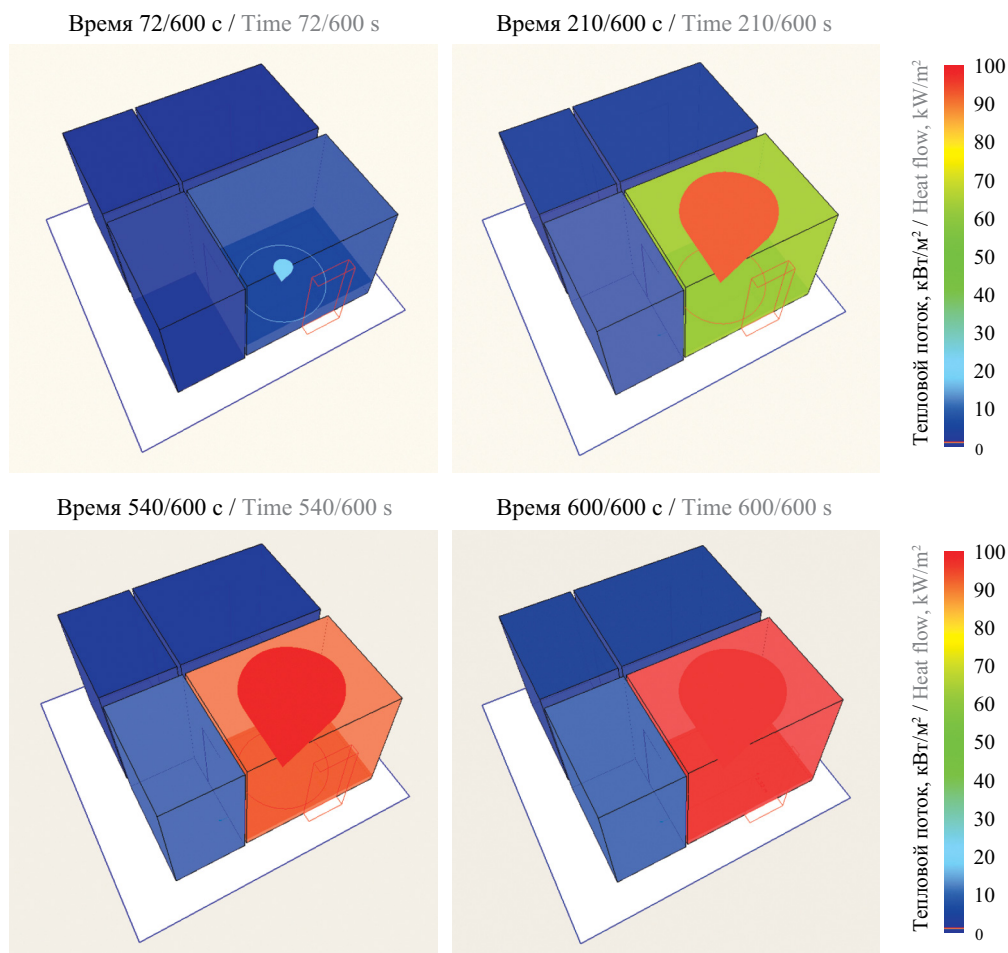


Рис. 2. Визуализация развития мощности пожара в помещении распределительных устройств путем моделирования в программном комплексе СИТИС (блок 4.11.17130-ИСМ)

Fig. 2. Visual representation of fire intensity growth inside a switch house performed by means of fire simulation using SITIS software: Block 4.11.17130-ISM

Решая уравнение материального баланса (1) с учетом формулы (2) и начальных условий $\tau = 0$; $S_k = 0$, получим следующую формулу:

$$\tau = \frac{\rho_f h_f}{U} - \frac{q \rho_f}{U^2 L} \ln \left(1 - \frac{L h U}{q} \right). \quad (3)$$

Учитывая баланс тепла от нагретой поверхности и затраты тепла на испарение, удельная скорость термического разрушения пены от контакта с нагретой поверхностью кабелей может быть представлена в следующем виде:

$$U = \alpha K S_w \ln \left(\frac{T_r - T_0}{Q_v} \right), \quad (4)$$

где α — коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·с);

S_w — площадь поверхности стены, м²;

T_r — температура горячей поверхности кабеля, К;

T_0 — температура водного раствора, К;

Q_v — удельный расход тепла на испарение воды, кДж/кг;

Кратность пены:

$$K = \frac{S_{k'}}{S_0}, \quad (5)$$

где $S_{k'}$ — площадь одного кабеля, м², рассчитывается как произведение площади окружности кабеля на длину участка с кабелем L , м, и количество образцов кабельной продукции n :

$$S_{k'} = 2\pi R L n; \quad (6)$$

S_0 — площадь пола под одним кабелем, м².

Подставляя в формулу (3) такой параметр, как интенсивность J , и меняя $q/L \equiv Ja$, где a — ширина помещения, м, получаем время тушения, в формуле для расчета которого интенсивность относится к площади пола, а не к стенам:

$$\tau = -\frac{\rho_f h_f}{J_{кр}} - \frac{J a \rho_f}{J_{кр}^2} \ln \left(1 - \frac{J_{кр}}{J} \right), \quad (7)$$

где $J_{кр}$ — критическая интенсивность подачи пены, кг/(м²·с).

№ п/п No.	Кратность K Expansion rate K	ρ , кг/м ³ ρ , kg/m ³	h_0 , м h_0 , m	U , кг/(м ² ·с) U , kg/(m ² ·s)	q , кг/с q , kg/s	l , м l , m	Интенсивность J Foam application rate J	τ , с τ , s	Удельный расход Q Specific consumption Q
1	450	1,000	3,6	0,02	1	9,1	0,031	250,1	7,63
2	450	1,000	3,6	0,02	2	9,1	0,061	84,6	5,17
3	450	1,000	3,6	0,02	3	9,1	0,092	51,3	4,70
4	450	1,000	3,6	0,02	4	9,1	0,122	36,8	4,50
5	450	1,000	3,6	0,02	5	9,1	0,153	28,7	4,39
6	450	1,000	3,6	0,02	6	9,1	0,183	23,6	4,32

Умножив время тушения на интенсивность подачи пены, получим удельный расход водного раствора пенообразователя, который будет затрачен на тушение пламени горящих кабелей:

$$Q = -J \left[\frac{\rho_f h_f}{J_{кр}} - \frac{J \rho_f}{J_{кр}^2} \ln \left(1 - \frac{J_{кр}}{J} \right) \right]. \quad (8)$$

Перечень исходных данных для расчета приведен в таблице.

Результаты исследования

Результаты расчета по формулам (7) и (8), представленные на рис. 3, показывают, что время тушения экспоненциально снижается с ростом интенсивности подачи пены. Используя результаты расчета, удастся выбрать оптимальное количество генераторов пены.

Выводы

Основными расчетными величинами для определения зависимости времени тушения кабельного сооружения и удельного расхода высокочастотной пены являются: S_k — площадь поверхности кабелей; U — удельная скорость разрушения пены от контакта с горящими кабелями; q — расход пены.

Рассчитаны зависимости времени тушения и удельного расхода по разработанной методике. Установлено, что оптимальный режим тушения соответствует следующим характеристикам: интенсивность подачи пены — 0,183 м³/ (м²·с); удель-

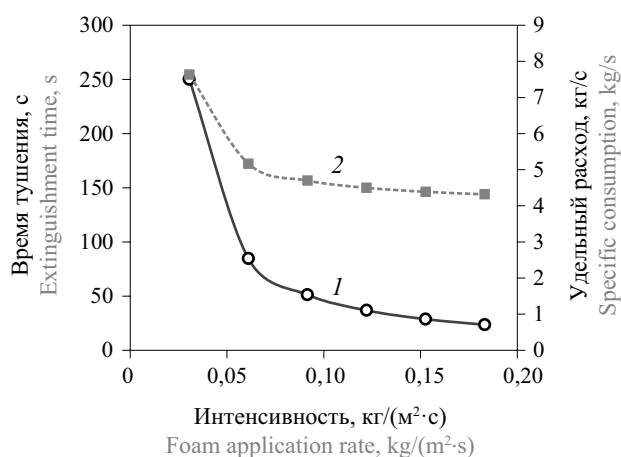


Рис. 3. Зависимость расчетного времени тушения (1) и удельного расхода (2) в помещении КТП от интенсивности подачи пены высокой кратности. Результаты расчета по формулам (7) и (8)

Fig. 3. Dependence between estimated extinguishment time (1), specific foam consumption (2) inside the packaged transformer substation and high-expansion foam application rate, calculated using formulas (7) and (8)

ный расход водного раствора пенообразователя — 4,32 кг/м².

Пеной высокой кратности можно тушить пожары установок под электрическим током, поскольку пена мгновенно разрывает контакт с системой, по которой течет ток. Кроме этого, пена высокой кратности имеет высокое электрическое сопротивление, что делает ее применение безопасным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кашолкин Б.И., Мешалкин Е.А. Тушение пожаров в электроустановках. М. : Энергоатомиздат, 1985. 112 с.
2. Андоросова И.Г., Зуева Н.А., Лупанов С.А., Сибирко В.И., Фирсов А.Г., Чабан Н.Г. и др. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. М. : ВНИИПО, 2014. 137 с.
3. Сибирко В.И., Кондашов А.А., Чабан Н.Г. Общая характеристика обстановки с пожарами, произошедшими на объектах экономики Российской Федерации в 2011–2015 годах // Вопросы статистики. 2017. № 1. С. 75–88. URL: https://voprstat.elpub.ru/jour/article/view/444?locale=ru_RU

4. Григорьева М.М., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Оценка пожарной опасности режимов электрической перегрузки кабельных линий // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2010. Т. 19. № 9. С. 9–13. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16902930>
5. Королев И.В., Кондратьева О.Е., Валуев П.В., Локтионов О.А. Анализ целесообразности применения устройств обнаружения дугового пробоя для комплексной защиты от пожаров, вызванных неисправностями электрооборудования // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 47 (2). С. 108.
6. Валуев П.В., Смирнов М.И., Королев И.В. О благоприятном влиянии НПА в области применения AFCI технологий на позитивный тренд по борьбе с электрическими пожарами // Студенческий электрон. науч. журн. 2019. № 1 (45). С. 38–45.
7. Campbell R. NFPA research — electrical fires // NFPA, 2017. Pp. 5, 12, 13.
8. Барботько С.Л. Моделирование процесса горения материалов при испытаниях по оценке тепловыделения // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2007. Т. 16. № 3. С. 10–24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12512010>
9. Huiqing Zhang. Fire-safe polymers and polymer composites. Technical Report DOT/FAA/AR-04/11. Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center Airport and Aircraft Safety, 2004. 209 p.
10. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. М. : ООО «КАБЕЛЬ», 2009. 328 с.
11. Keski-Rahkonen O., Mans J., Turtola A. Ignition of and fire spread on cables and electronic components. URL: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1999/P387.pdf> (дата обращения: 30.12.2018).
12. Keski-Rahkonen O. Effect of electrical conductivity on emergency performance of cables at high temperatures // Transactions of the 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology. Prague, 2003. Pp. 462–466.
13. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Бедретдинов Р.Ш. Исследование воздействия цифровой трансформаторной подстанции на условия труда обслуживающего персонала // Фундаментальные исследования. 2015. № 5–1. С. 143–148. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38023>
14. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. Т. 1. 8-е изд., перераб. и доп. / под ред. Жестковой И.Н. М. : Машиностроение, 2001. 920 с.
15. Хасанов И.Р., Варламкин А.А. Влияние конструкции кабельных проходок на их пожарную опасность при эксплуатации // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 3. С. 46–51. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-3-46-51
16. Smith E.E. Measuring rate of heat, smoke and toxic gas release // Fire Technology. 1972. Vol. 8. Issue 3. Pp. 237–245. DOI: 10.1007/bf02590547
17. Хасанов И.Р., Варламкин А.А. Экспериментальные методы определения огнестойкости кабельных проходок при пожаре с учетом влияния токов нагрузки // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций : сб. мат. XVII науч.-практ. конф. М. : ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2018. С. 77–78.
18. Tamus Z.Á., Szedenik N. Investigation of temperature dependence of dielectric processes in thermally aged PVC insulation // Journal of Electrostatics. 2013. No. 71 (3). Pp. 462–466. DOI: 10.1016/j.elstat.2013.01.003
19. Овсянников Е.А., Корольченко Д.А., Шароварников А.Ф. Тушение пожара в кабельных сооружениях полидисперсной пеной высокой кратности // Пожарная безопасность. 2016. № 2. С. 94–98.

REFERENCES

1. Kasholkin B.I., Meshalkin E.A. *Extinguishing fires in electrical installations*. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1985; 112. (rus).
2. Androsova I.G., Zueva N.A., Lupanov S.A., Sibirko V.I., Firsov A.G., Chaban N.G. et al. *Fires and fire safety in 2013: Statistical compendium* / V.I. Klimkin (ed.). Moscow, VNIPO Publ., 2014; 37. (rus).
3. Sibirko V.I., Kondrashov A.A., Chaban N.G. General characteristics of the situation with fires that occurred at the facilities of the Russian economy in 2011-2015. *Voprosy statistiki*. 2017; 1:75-88. URL: https://voprsstat.elpub.ru/jour/article/view/444?locale=ru_RU (rus).
4. Grigorieva M.M., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. A fire risk assessment of cable lines on overload. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2010; 19(9):9-13. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16902930> (rus).
5. Korolev I.V., Kondratieva O.E., Valuev P.V., Loktionov O.A. Analysis of advisability of arc breakdown detectors for integrated protection from fires caused by failures of electrical equipment. *Electric power. Transmission and distribution*. 2018; 47(2):108. (rus).

6. Valuev P.V., Smirnov M.I., Korolev I.V. On the positive impact of the NPA in the field of AFCI technologies on the positive trend in the fight against electric fires. *Student*. 2019; 1(45):38-45. (rus).
7. Richard Campbell. NFPA RESEARCH — Electrical fires. *NFPA*. 2017; 5, 12, 13.
8. Barbotko S.L. Modeling of the Gorenje process of materials in tests for heat release estimation. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2007; 16(3):10-24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12512010> (rus).
9. Huiqing Zhang. Fire-Safe Polymers and Polymer Composites. *Technical Report DOT/FAA/AR-04/11. Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center Airport and Aircraft Safety*, 2004; 209.
10. Smelkov G.I. *Fire safety of electrical wiring*. Moscow, LLC "CABLE" Publ., 2009; 328. (rus).
11. Keski-Rahkonen O., Mans J., Turtola A. *Ignition of and fire spread on cables and electronic components*. URL: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1999/P387.pdf> (Accessed: 30.12.2018).
12. Keski-Rahkonen O. Effect of electrical conductivity on emergency performance of cables at high temperatures. *Transactions of the 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology*. Prague, 2003; 462-466.
13. Sosnina E.N., Masleeva O.V., Pachurin G.V., Bedretdinov R.Sh. Study of the impact of digital transformer substation on the working conditions of service personnel. *Fundamental research*. 2015; 5-1:143-148. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38023> (rus).
14. Anuriev V.I. *Reference book of the designer-machine-Builder* : in 3 vols. Vol. 1. 8th edition, revised and expanded / I.N. Zhestkova (ed.). Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001; 920. (rus).
15. Khasanov I.R., Varlamkin A.A. Effect of the structure of cable penetrations on their fire hazard during operation. *Occupational Safety in Industry*. 2019; 3:46-51. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-3-46-51 (rus).
16. Smith E.E. Measuring rate of heat, smoke and toxic gas release. *Fire Technology*. 1972; 8(3):237-245. DOI: 10.1007/bf02590547
17. Khasanov I.R., Varlamkin A.A. Experimental methods for determining the fire resistance of cable penetrations in case of fire, taking into account the influence of load currents. *Problems of forecasting emergency situations : collection of materials of the XVII scientific and practical conference*. Moscow, FKV Center "Antistikh" EMERCOM of Russia, 2018; 77-78. (rus).
18. Tamas Z.Á., Szedenik N. Investigation of temperature dependence of dielectric processes in thermally aged PVC insulation. *Journal of Electrostatics*. 2013; 71(3):462-466. DOI: 10.1016/j.elstat.2013.01.003
19. Ovsyannikov E.A., Korol'chenko D.A., Sharovarnikov A.F. The fire extinguishing in cable works by means of polydisperse high-expansion foam. *Fire Safety*. 2016; 2:94-98. (rus).

Поступила 03.11.2020, после доработки 02.12.2020; принята к публикации 10.12.2020

Received November 3, 2020; Received in revised form December 2, 2020; Accepted December 10, 2020

Информация об авторах

ОВСЯННИКОВ Евгений Александрович, технический директор, ООО «ПИРОТЕК»; аспирант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация; РИНЦ ID: 886773; ORCID: 0000-0003-0464-9790; email: getone@mail.ru

КОРОЛЬЧЕНКО Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой комплексной безопасности в строительстве, директор Института комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация; РИНЦ ID: 352067; Scopus Author ID: 55946060600; ResearcherID: E-1862-2017; ORCID: 0000-0002-2361-6428; e-mail: KorolchenkoDA@mgsu.ru

СЕМИКОВ Владимир Леонтьевич, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, профессор кафедры менеджмента и экономики Научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем ГПС, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; РИНЦ ID: 432977; e-mail: info@academygps.ru

Information about the authors

Evgeniy A. OVSYANNIKOV, Technical Director, PIROTEK Ltd; Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation; ID RISC: 886773; ORCID: 0000-0003-0464-9790; email: getone@mail.ru

Dmitriy A. KOROLCHENKO, Cand. Sci. (Eng.), Docent, Head of Department of Integrated Safety in Civil Engineering, Head of Institute of Integrated Safety in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation; ID RISC: 352067; Scopus Author ID: 55946060600; ResearcherID: E-1862-2017; ORCID: 0000-0002-2361-6428; e-mail: KorolchenkoDA@mgsu.ru

Vladimir L. SEMIKOV, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Professor of Department of Management and Economics of Scientific and Educational Complex of Organizational and Managerial Problems of GPS, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; ID RISC: 432977; e-mail: info@academygps.ru