

М. В. АЛЕШКОВ, д-р техн. наук, профессор, заместитель начальника по научной работе, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

Р. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, канд. экон. наук, заместитель начальника Учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: roman_e77@mail.ru)

А. А. КОЛБАСИН, канд. техн. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела пожарной и аварийно-спасательной техники Учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

В. Д. ФЕДЯЕВ, адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: fedyaeff.v@yandex.ru)

УДК 614.843.4

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Рассмотрена проблематика тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением. Обозначены актуальные проблемы при тушении пожаров на объектах энергетики. Рассмотрено применение современных средств тушения пожаров. Приведены результаты исследования по определению показателей тока утечки по струе компрессионной пены при тушении пожаров электрооборудования под напряжением. Представлены результаты математического анализа полученных данных; определены математические зависимости тока утечки по струе компрессионной пены от напряжения на электрооборудовании, расстояния от ствола до электрооборудования под напряжением и коэффициента водовоздушной смеси. Даны рекомендации по эффективному и безопасному применению компрессионной пены для тушения пожаров электрооборудования под напряжением.

Ключевые слова: атомная электростанция; ток утечки; электрооборудование под напряжением; безопасное расстояние; стенд для определения тока утечки по струе ОТВ; компрессионная пена.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.06.12-18

Наибольшую значимость для экономики страны имеет энергетический сектор, основу которого составляют объекты энергетики. От нормального функционирования этих объектов напрямую зависит устойчивое развитие общества и государства, поэтому безопасность на объектах энергетики, в том числе пожарная, является одной из приоритетных задач государственной политики. Как показал анализ статистических данных, в последнее десятилетие наблюдается увеличение числа крупных аварий и пожаров на объектах энергетической отрасли, сопровождающихся значительным материальным ущербом, гибелью и травматизмом людей. Ежегодно на территории Российской Федерации происходит около 700 пожаров на объектах энергетики [1].

Повреждение и выход из строя дорогостоящего энергетического оборудования составляют основной ущерб от таких пожаров. Помимо прямого материального ущерба от пожара, значительных размеров

достигает также косвенный ущерб от перебоев в подаче электропитания, отключения подачи электро- и теплоэнергии, необходимых для обеспечения жизнедеятельности населения. Особую же опасность представляют пожары на объектах атомной энергетики, так как они могут привести к катастрофическим последствиям, если их своевременно не локализовать.

Согласно существующим рекомендациям по тушению пожаров на объектах энергетики [2] при возникновении пожара первоочередной задачей является обесточивание токоведущих частей электрооборудования. Сложность же тушения пожаров на объектах атомной энергетики заключается в том, что примерно в 30 % всех помещений объектов запрещено проводить отключение электрооборудования, так как это может повлечь за собой нарушение безопасной работы ядерного реактора [3]. Исходя из этого, тушение пожара необходимо осуществлять

без отключения напряжения на токоведущих частях и агрегатах электрооборудования. Основную опасность при тушении пожаров электрооборудования под напряжением представляет возможность поражения личного состава, участвующего в тушении, электрическим током, проходящим по струе огнетушащего вещества (ОТВ), подаваемого на горящее электрооборудование. Для снижения данной опасности необходимо применять средства защиты от поражения электрическим током, а также учитывать безопасные расстояния от позиции ствольщика до горящих токоведущих частей [4]. Безопасным расстоянием считается такое расстояние, при котором максимально допустимый ток утечки по струе ОТВ не превышает значения 0,5 мА, являющегося неощутимым для организма человека [5].

Самое распространенное огнетушащее вещество при тушении пожаров — вода. Однако ее применение при тушении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей неэффективно, а основной горючей нагрузкой при возгорании электрооборудования являются находящиеся в нем горючие жидкости и масла. Применение же всех видов пенообразователей и поверхностно-активных веществ (ПАВ) для повышения огнетушащей способности воды запрещено, поскольку из-за большого количества содержащихся в данных веществах минеральных солей значительно повышается проводимость струи. Это, в свою очередь, может привести к поражению личного состава подразделений пожарной охраны электрическим током. Таким образом, проблема подбора эффективного и безопасного ОТВ для тушения электрооборудования под напряжением приобретает значительную актуальность. В связи с этим очевидна необходимость исследований, направленных на развитие новых технологий пожаротушения, которые позволят решить задачу подбора эффективного ОТВ для тушения пожаров электрооборудования под напряжением.

Развитие и совершенствование технологий пожаротушения позволило создать новый способ подачи пены при тушении пожара. Технология получения компрессионной пены предусматривает подачу на очаг пожара по насосно-рукавной системе пожарных автомобилей не раствора пенообразователя, а воздушно-механической пены [6–8]. Технология заключается в том, что раствор пенообразователя смешивается со сжатым воздухом и по рукаву поступает сформировавшаяся при этом воздушно-механическая пена. Применяемая для тушения пожаров компрессионная пена имеет те же свойства, что и простая пена, полученная традиционным вспениванием, однако у нее есть ряд отличительных особенностей, повышающих ее применимость для

тушения пожаров электрооборудования под напряжением. К ним относятся [9–12]:

- высокая дальность подачи (до 25 м при давлении 7 атм);
- низкий расход огнетушащего вещества (1,5–2,0 л/с);
- отсутствие жидкой фазы (весь раствор переходит в пену);
- равномерное структурированное строение пены с равным размером пузырьков (1,5–2,0 мм), с более толстой стенкой пузырька, что повышает ее стойкость;
- высокая адгезионная способность пены, обусловленная низким содержанием в ней воды;
- возможность подачи на высоту до 200 м.

Помимо всего прочего, компрессионная пена не предназначена для объемного тушения путем заполнения зоны горения.

Значимым параметром, характеризующим компрессионную пену, является кратность, которая определяет отношение объема раствора пенообразователя к объему затрачиваемого сжатого воздуха.

На территории Российской Федерации применение компрессионной пены только начинает приобретать популярность, однако даже небольшой опыт ее использования позволяет сделать вывод о высокой эффективности данной технологии.

Специалистами Академии ГПС МЧС России были проведены экспериментальные исследования по установлению возможности применения компрессионной пены для тушения пожаров электрооборудования под напряжением. Исследования проводились с использованием испытательного стенда для определения тока утечки по струе ОТВ из ручных пожарных стволов (рис. 1 и 2) [13].

При подаче компрессионной пены на мишень 1 под напряжением производятся замеры тока утечки, проходящего по струе ОТВ на пожарный ствол 3, с помощью цифрового мультиметра 2.

В ходе проведения экспериментального исследования учитывалось также влияние на ток утечки по струе таких параметров, как напряжение на мишени, расстояние от ствола до мишени и кратность компрессионной пены.

Ввиду того что термин “кратность” в традиционном понятии трактуется как отношение полученного объема пены к объему раствора, затраченного на ее образование, для характеристики состава пены было предложено ввести новый термин “коэффициент водовоздушной смеси” K . Коэффициент водовоздушной смеси характеризует отношение объема воздуха, пошедшего на образование компрессионной пены, к количеству раствора, пошедшего на ее образование в единицу времени, и может принимать значения от 2 до 20. С повышением коэффициента водо-

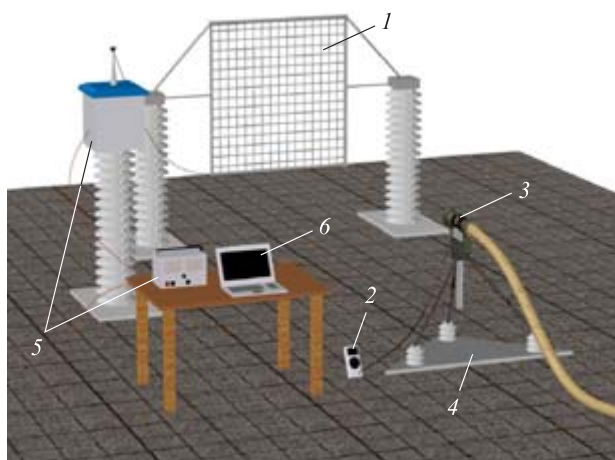


Рис. 1. Принципиальная схема стенда для определения тока утечки по струе ОТВ из ручных пожарных стволов: 1 — мишень; 2 — цифровой мультиметр; 3 — ствол установки пожаротушения; 4 — изолированная опора для установки пожарного ствола; 5 — аппарат испытания диэлектриков “АИД-70М”; 6 — компьютер для приема данных

воздушной смеси содержание водного раствора пенообразователя в компрессионной пене уменьшается.

В табл. 1 приведены максимальные значения токов утечки по струе огнетушащего вещества при определенных значениях параметра.

По результатам экспериментального исследования по оценке возможности применения компрессионной пены для тушения пожаров электрооборудования под напряжением предлагается ввести еще одну характеристику компрессионной пены, которая в зависимости от коэффициента водовоздушной



Рис. 2. Эксперимент по оценке возможности применения компрессионной пены для тушения электрооборудования под напряжением

смеси позволяет разделить ее на два типа: так называемую “мокрую” ввиду ее повышенных электропроводных свойств ($K < 10$) и “сухую” ($K \geq 10$). Такие характеристики компрессионной пены приняты с учетом подачи компрессионной пены с расстояния не менее 2 м.

По результатам эксперимента в целях выявления закономерностей был проведен математический анализ полученных данных методом множественной регрессии [14]. Была определена зависимость показателей тока утечки по струе ОТВ от расстояния до мишени при различных значениях коэффициента водовоздушной смеси. Для этого было принято уравнение регрессии вида

$$I = L^a K^b c, \quad (1)$$

где I — значение тока утечки по струе ОТВ, мкА;

Таблица 1. Максимальные значения токов утечки по струе ОТВ, полученные в ходе экспериментального исследования

Расстояние до мишени, м	Напряжение на мишени, кВ	Значение тока утечки по струе, мкА, в зависимости от коэффициента водовоздушной смеси								
		18	16	14	12	10	8	6	4	2
2	30	74,8	174,3	138,6	184,1	259,9	550,0	752,7	1081,9	1550,1
	20	68,8	96,0	98,3	126,2	136,5	265,2	526,4	560,0	1010,5
	10	14,9	21,3	33,2	45,5	59,1	106,0	208,6	299,8	524,3
3	30	14,8	18,5	27,0	36,0	55,8	83,7	127,6	209,5	531,6
	20	9,4	11,8	21,2	28,4	36,3	50,0	67,5	91,9	126,1
	10	4,6	5,7	9,7	13,1	16,8	25,3	37,3	55,7	83,9
4	30	8,4	10,5	13,0	17,3	22,1	30,3	40,9	55,6	76,2
	20	10,1	12,6	11,9	14,3	17,0	20,7	26,4	34,1	44,8
	10	4,7	5,2	3,9	4,8	5,7	7,3	9,4	12,3	16,4
5	30	6,7	8,4	5,6	6,3	7,3	11,7	17,2	25,0	34,0
	20	4,1	5,1	4,7	5,9	7,2	8,6	10,2	12,0	14,2
	10	2,2	2,7	3,4	4,4	5,5	7,2	9,3	11,9	15,3
6	30	3,7	4,6	6,7	9,2	12	16,1	20,9	26,9	34,7
	20	1,7	2,1	6,2	8,6	11,2	15,1	19,6	25,2	32,6
	10	0,9	1,0	2,9	4,0	5,1	6,3	7,4	8,6	10,1

L — расстояние от ствола до мишени, м;
 a, b, c — поправочные коэффициенты линии регрессии.

Для уравнения (1) необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n \ln L_i + b \sum_{i=1}^n \ln K_i + cn = \sum_{i=1}^n \ln I_i; \\ a \sum_{i=1}^n (\ln L_i)^2 + b \sum_{i=1}^n \ln K_i \cdot \ln L_i + \\ + c \sum_{i=1}^n \ln L_i = \sum_{i=1}^n \ln I_i \cdot \ln L_i; \\ a \sum_{i=1}^n \ln L_i \cdot \ln K_i + b \sum_{i=1}^n (\ln K_i)^2 + \\ + c \sum_{i=1}^n \ln K_i = \sum_{i=1}^n \ln I_i \cdot \ln K_i. \end{cases} \quad (2)$$

Индекс корреляции R определялся по формуле

$$R = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - M_y)^2}}, \quad (3)$$

где y_i — экспериментальные значения;

Y_i — значения, найденные методом наименьших квадратов;

M_y — среднее значение y .

В результате расчета были получены следующие показатели степенной функции зависимости тока утечки от расстояния между стволом и мишенью и коэффициента водовоздушной смеси при различных напряжениях U на мишени:

- $U = 30$ кВ ($R = 0,95$):

$$I = 6,296 L^{-3,235} K^{1,099}, \quad (4)$$

- $U = 20$ кВ ($R = 0,94$):

$$I = 5,763 L^{-3,003} K^{0,990}, \quad (5)$$

- $U = 10$ кВ ($R = 0,93$):

$$I = 4,497 L^{-2,694} K^{1,096}. \quad (6)$$

Была определена также общая зависимость тока утечки по струе огнетушащего вещества от расстояния между стволом и мишенью, напряжения на мишени и коэффициента водовоздушной смеси. Опуская все математические преобразования, получаем уравнение регрессии ($R = 0,94$):

$$I = 39,621 U^{0,997} L^{-2,978} K^{1,061}. \quad (7)$$

На основании уравнения (7) был построен график, определяющий зависимость тока утечки от расстояния до мишени при различных напряжениях на ней, и проведено сравнение с полученными экспериментальными данными (рис. 3).

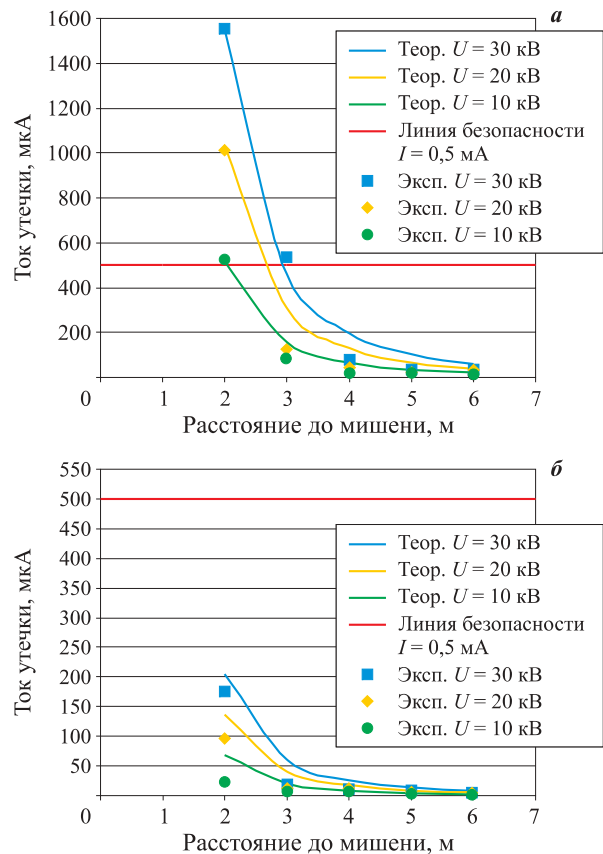


Рис. 3. Теоретическая зависимость тока утечки по струе компрессионной пены при различных напряжениях при $K = 2$ (а) и $K = 18$ (б)

При визуальном анализе представленных графических зависимостей (см. рис. 3) было установлено, что уравнение степенной функции, полученное в результате обработки методом множественной регрессии, наиболее точно описывает экспериментальные показатели тока утечки по струе компрессионной пены, что подтверждает достоверность проведенного анализа.

В результате экспериментов можно сделать выводы о возможности применения компрессионной пены для тушения электрооборудования под напряжением. Однако стоит учитывать, что при уменьшении коэффициента водовоздушной смеси величина тока утечки по струе компрессионной пены растет. В исследованиях также было определено, что при тушении электрооборудования под напряжением до 30 кВ запрещено применять “мокрую” компрессионную пену с $K < 10$, и при этом расстояние от ствола до электрооборудования под напряжением должно быть не менее 5 м.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить условия применения одной из современных технологий пожаротушения — подачи компрессионной пены для ликвидации пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2011 г. : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ФГБУ ВНИИПО, 2012. — 137 с.
2. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением : рекомендации. — М. : ВНИИПО, 1986. — 17 с.
3. *Алешков М. В., Пушкин Д. С., Колбасин А. А.* Особенности развития и тушения пожаров на объектах энергетики // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2010. — № 3. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-3/09-03-10.ttb.pdf> (дата обращения: 30.03.2016).
4. *Колбасин А. А.* Нормирование требований к средствам тушения электрооборудования под напряжением на объектах энергетики : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2012. — 152 с.
5. *Алешков М. В., Емельянов Р. А., Колбасин А. А., Федяев В. Д.* Применение сплошных водных струй при тушении электроустановок под напряжением на объектах атомной энергетики // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2014. — № 4. — С. 17–23.
6. *Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А.* Система пожаротушения Natisk для остановки и локализации лесных пожаров // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3. — 6 с.
7. *Навроцкий О. Д. и др.* Исследование параметров пены, подаваемой с помощью пеногенерирующих систем со сжатым воздухом // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. — 2011. — № 2(30). — С. 125–132.
8. *Навроцкий О. Д. и др.* Пеногенерирующие системы со сжатым воздухом — средство пенного пожаротушения нового поколения // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. — 2012. — № 1(15). — С. 22–31.
9. *Routley J. Gordon.* Compressed air foam for structural fire fighting: A field test. — Boston, Massachusetts, 1994. — 29 p.
10. *Brinkley J., Depew R.* Capabilities and limitations of compressed air foam systems (CAFS) for structural firefighting. — Quincy, MA : Fire Protection Research Foundation, 2012. — 58 p.
11. *Kim A. K., Dlugogorski B. Z.* Multipurpose overhead compressed-air foam system and its fire suppression performance // Journal of Fire Protection Engineering. — 1996. — Vol. 8, No. 3. — P. 133–150. DOI: 10.1177/104239159600800303.
12. *Kim A., Crampton G., Asselin J. P.* A comparison of the fire suppression performance of compressed-air foam and foam-water sprinkler systems for Class B hazards. — National Research Council Canada. Institute for Research in Construction, 2012. — 35 p.
13. *Колбасин А. А.* Экспериментальное исследование величины тока утечки по струе огнетушащего вещества из ручных пожарных стволов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2012. — № 2. — С. 10–16.
14. *Кобзарь А. И.* Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. — М. : Физматлит, 2012. — 816 с.

Материал поступил в редакцию 5 апреля 2016 г.

Для цитирования: *Алешков М. В., Емельянов Р. А., Колбасин А. А., Федяев В. Д.* Условия применения современных технологий пожаротушения для ликвидации пожаров электрооборудования под напряжением // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 6. — С. 12–18. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.06.12-18.

English

TERMS OF THE USE OF MODERN FIRE EXTINGUISHING TECHNOLOGIES FOR FIRE LIQUIDATION ON ENERGIZED ELECTRICAL EQUIPMENT

ALESHKOV M. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head of Scientific Work, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

EMEL'YANOV R. A., Candidate of Economic Sciences, Deputy Head of Educational-Scientific Complex Fire and Rescue Appliances, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina st., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: roman_e77@mail.ru)

KOLBASIN A. A., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Research Department of Fire and Rescue Appliances, Educational-Scientific Complex Fire and Rescue Appliances, State Fire Academy of Emercome of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

FEDYAEV V. D., Postgraduate Student of Education of Scientific and Pedagogical Staff Faculty, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: fedyaeff.v@yandex.ru)

ABSTRACT

Purpose. Fire extinguishing at nuclear power facilities is particularly difficult because of impossibility to de-energize equipment responsible for work of the nuclear reactor. During the fire the main fire load is made by the combustible liquids and polymeric materials which are a part of electric equipment, and the main fire extinguishing substance is water but it is not always effective. Today according to the statutory enactments the application of all types of foam agents for extinguishment of the fires of energized equipment is forbidden. Technical development of modern extinguishing methods allowed creating technology of compressing air-foam systems (CAFS). This article contains research aimed at detection of the feasibility of modern technologies of extinction energized electrical equipment with CAFS using for the purpose of determining the dependent index.

Methods. During the research the stand for defining the current leakage on the jet of compressing air-foam was used, which was developed by the specialists from the State Fire Academy of Emercom of Russia.

Results. As a consequence of the research safe distance for compressing air-foam was determined. This distance should be abided during the extinguishing of energized electrical equipment. Also the mathematical analysis is carried out by method of multiple regressions which has allowed determining dependences of current of leak by a stream of fire extinguishing substance from distance to electric equipment, tension on equipment and coefficient of air-and-water mix. Definition "wet" and "dry" compression foam and criterion of its definition at fires extinguishing of the energized equipment with use of CAFS was offered.

Research application field. The obtained results give reason to believe that the use of compressing air-foam of extinction energized electrical equipment allow reducing electrical risk of personal. And also to estimate previously possibilities of fire brigades at fires extinguishing at nuclear power facilities.

Conclusion. The research results were drawn up the recommendations of compressing air-foam extinction of energized electrical equipment.

Keywords: nuclear power station; current leakage; energized electrical; safe distance; stand to determine the current leakage on the jet of extinguishing agents; compression foam.

REFERENCES

1. Klimkin V. I. (ed.) *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2011 g.: statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2011. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2012. 137 p.
2. *The tactics of extinction of energized electrical equipment. Recommendations.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1986. 17 p. (in Russian).
3. Aleshkov M. V., Pushkin D. S., Kolbasin A. A. Osobennosti razvitiya i tusheniya pozharov na obyektakh energetiki [Features of development and suppression of fires on objects of power]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal — Technologies of Technosphere Safety. Internet-Journal*, 2012, no. 3. Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-3/09-03-10.ttb.pdf> (Accessed 30 March 2016).

4. Kolbasin A. A. *Normirovaniye trebovaniy k sredstvam tusheniya elektrooborudovaniya pod napryazheniyem na obyektakh energetiki: dis. kand. tekhn. nauk* [Limitation of fire-extinguishing means of energized equipment of power. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2012. 152 p.
5. Aleshkov M. V., Emelyanov R. A., Kolbasin A. A., Fedyayev V. D. *Primeneniye sploshnykh vodnykh struy pri tushenii elektroustanovok pod napryazheniyem na obyektakh atomnoy energetiki* [Application of water jets in extinguishing energized electric installations at nuclear power facilities]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya — Fire and Emergency: Prevention, Liquidation*, 2014, no. 4, pp. 17–23.
6. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A. *Fire-fighting system Natsisk for checking a fire and woods fire isolation*. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya — Contemporary Issues of Science and Education*, 2014, no. 3. 6 p.
7. Navrotskiy O. D. et al. *Issledovaniye parametrov peny, podavayemoy s pomoshchyu penogeneriruyushchikh sistem so szhatym vozdukhom* [Research of foam characteristics supplying with fire foam producing machine with compressed air]. *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya — Emergency: Preventing and Liquidation*, 2011, no. 2(30), pp. 125–132.
8. Navrotskiy O. D. et al. *Penogeneriruyushchiye sistemy so szhatym vozdukhom — sredstvo pennogo pozharotusheniya novogo pokoleniya* [Compressed air-foam system — the mean of fire extinguishment of new generation]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus — Reporter of Commanding Engineering Institute of Emercom of Republic of Belarus*, 2012, no. 1(15), pp. 22–31.
9. Routley J. Gordon. *Compressed air foam for structural fire fighting. A field test*. Boston, Massachusetts, 1994. 29 p.
10. Brinkley J., Depew R. *Capabilities and limitations of compressed air foam systems (CAFS) for structural firefighting*. Quincy, MA, Fire Protection Research Foundation, 2012. 58 p.
11. Kim A. K., Dlugogorski B. Z. *Multipurpose overhead compressed-air foam system and its fire suppression performance*. *Journal of Fire Protection Engineering*, 1996, vol. 8, no. 3, pp. 133–150. DOI: 10.1177/104239159600800303.
12. Kim A., Crampton G., Asselin J. P. *A comparison of the fire suppression performance of compressed-air foam and foam-water sprinkler systems for Class B hazards*. National Research Council Canada. Institute for Research in Construction, 2012. 35 p.
13. Kolbasin A. A. *Eksperimentalnoye issledovaniye velichiny toka utechki po struye ognitushashchego veshchestva iz ruchnykh pozharnykh stvolov* [Application of water jets in extinguishing energized electric installations at nuclear power facilities]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya — Fire and Emergency: Prevention, Liquidation*, 2012, no. 2, pp. 10–16.
14. Kobzar A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov* [Mathematical statistics. For engineers and academic specialists]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2012. 816 p.

For citation: Aleshkov M. V., Emelyanov R. A., Kolbasin A. A., Fedyayev V. D. *Usloviya primeneniya sovremennykh tekhnologiy pozharotusheniya dlya likvidatsii pozharov elektrooborudovaniya pod napryazheniyem* [Terms of the use of modern fire extinguishing technologies for fire liquidation on energized electrical equipment]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 6, pp. 12–18. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.06.12-18.