

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)

И. А. ГУСЕВ, адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: ivan.gusev.92@inbox.ru)

УДК 614.847.002.5:620.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЯМИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Проведен анализ и обработка полученных в ходе экспериментального исследования массива данных по определению значений тока утечки по струе огнетушащего вещества при использовании установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки. Установлено, что полученные значения тока утечки подчиняются нормальному закону распределения и наиболее точно описываются степенной зависимостью. Для массива полученных данных определены зависимости величины тока утечки по струе огнетушащих веществ от напряжения и расстояния до объекта, находящегося под напряжением. Показано, что в 95 случаях из 100 определенные экспериментальным путем значения тока утечки не будут превышать рассчитанных по модели значений. Определены рабочие параметры для безопасного использования установок при тушении пожаров электрооборудования под напряжением.

Ключевые слова: тушение пожаров электрооборудования; установки пожаротушения; объекты энергетики; рабочие параметры; установки с гидроабразивной резкой; токи утечки.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.69-76

Введение

Одним из основных критериев применения огнетушащих веществ (ОТВ) и средств их подачи на объектах энергетики является возможность тушения пожаров на электрооборудовании под напряжением.

Анализ пожаров [1–5], происшедших на объектах энергетики (рис. 1), позволил установить, что большинство из них происходит из-за коротких замыканий и перегрузок, связанных с эксплуатацией различного электрооборудования.

Для установления возможности тушения пожаров на электрооборудовании под напряжением необходимо знать параметры тушения, при которых достигаются безопасные условия для участников тушения пожара, а технические средства транспортировки и подачи огнетушащих веществ сохраняют свою работоспособность.

Как показали проведенные ранее исследования, на безопасность применения огнетушащих веществ может влиять большое количество факторов, начиная от состава и структуры ОТВ и заканчивая способами их подачи [7–11]. Так, для определения условий безопасного применения воды проводились экспериментальные исследования, в результате которых было установлено, что одним из способов безопас-

ного применения ее при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением является подача в распыленном состоянии с расстояния не менее 5 м [11, 12]. Результаты исследований нашли свое отражение и в нормативной литературе [13, 14], которая обязательна к применению и регламентирует порядок тушения.

Исследовалась возможность тушения электрооборудования ручными пожарными стволами. Было установлено, что при подаче ОТВ из стволов марки “Курс-8” с расходом 8 л/с при напряжении на мишени 36 кВ с расстояния 3 м возникает ток утечки, равный 11,329 мА. Следовательно, для безопасного применения стволов при заданных параметрах необходимо осуществлять подачу огнетушащих веществ с расстояния не менее 11,5 м [15]. В ходе исследования удалось определить, что использование при тушении пожаров 3 %-ного раствора пенообразователя марки ПО-6А3Ф, подаваемого из стволов “Курс-8” и “Пурга-2”, невозможно исходя из условий безопасности, что также отражено в работе [14].

Однако появление новых технологий пожаротушения позволило в качестве огнетушащего вещества при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением применять и пенные растворы.

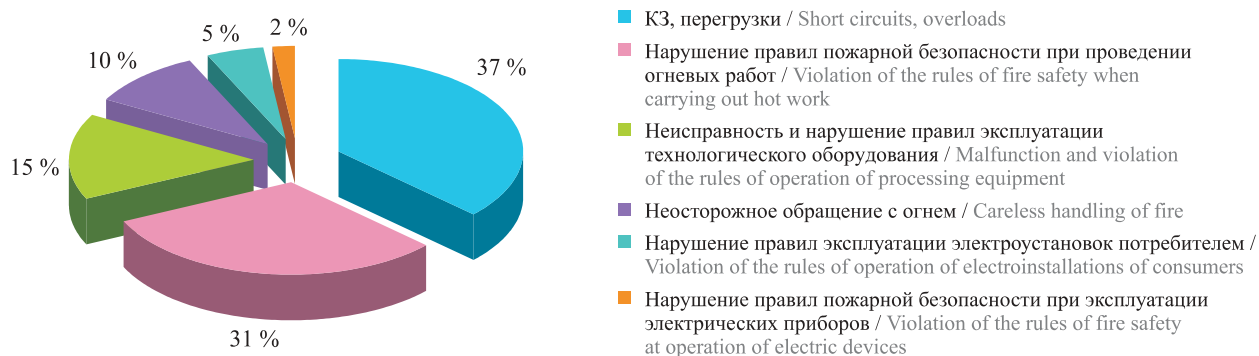


Рис. 1. Причины возникновения пожаров на объектах энергетики / Fig. 1. The causes of the fires on power objects

В настоящее время широкое распространение получила газонаполненная пена. Проведенные исследования позволили установить возможность ее безопасного применения при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением и определить соответствующие рабочие параметры [16].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что для определения рабочих параметров средств тушения, транспортирующих и подающих различные огнетушащие составы, необходима комплексная оценка, заключающаяся в проведении как теоретических, так и экспериментальных исследований. В связи с этим основной целью работы являлось определение рабочих параметров установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки. Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач:

- провести экспериментальное исследование для получения массива данных по величине тока утечки при различных расстояниях и напряжениях на экспериментальном стенде;
- выполнить математическую обработку полученного массива данных в целях определения рабочих параметров безопасного применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением.

Основная часть

Ранее нами были проведены исследования по определению величины тока утечки по струе огнетушащего вещества при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением с применением системы пожаротушения, обладающей возможностями гидроабразивной резки. Интересен тот факт, что рассматривалась не только струя ОТВ в виде воды, но и струя смеси воды с абразивом [17].

Рассматриваемые системы пожаротушения обладают функциями как поверхностного, так и локально-объемного тушения. Основным огнетушащим компонентом является тонкораспыленная вода со средним диаметром капель около 170 мкм, по-

даваемая в зону горения под давлением до 30 МПа. Имея малые размеры и высокую начальную скорость, капли достигают очага пожара и испаряются, отводя от зоны горения большое количество теплоты, за счет чего обеспечивается ее охлаждение и достигается огнетушащий эффект [18].

Подача огнетушащих веществ в зону горения может осуществляться через оградительные конструкции помещений или других объектов путем их разрушения потоком смеси воды и абразивных частиц. Образующееся отверстие диаметром около 3 мм, через которое производится подача ОТВ, исключает не только приток кислорода воздуха в зону горения, но и воздействие на участников тушения опасных факторов пожара (ОФП).

Результаты экспериментальных исследований позволили получить массив данных и в первом приближении отметить, что пороговое значение тока утечки 0,5 мА превышает на расстоянии до 1 м, а следовательно, подачу огнетушащих веществ следует осуществлять с расстояний, превышающих 1 м.

Для установления рабочих параметров установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением была проведена математическая обработка массива полученных экспериментальных данных методом регрессионного анализа.

Замеры значений тока утечки проводились с расстояний 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 м; при этом на каждом из расстояний при помощи мультиметра замерялись значения тока утечки при напряжениях на мишени экспериментального стенда 10, 20 и 30 кВ.

Для полученного массива экспериментальных данных были определены их статистические оценки — математическое ожидание X и стандартное отклонение σ .

При оценке величины тока утечки более целесообразно рассматривать не средние значения, а доверительные оценки, обеспечивающие надлежащий уровень достоверности полученных экспериментальных данных.

Таблица 1. Значения статистических оценок и доверительного интервала

Table 1. Values of statistical estimates and confidential interval

ОТВ Fire extinguishing substance	Параметр Parameter	Значение параметра в зависимости от расстояния, м Parameter value depending on distance, m											
		0,5			1,0			2,0			3,0		
		при напряжении, кВ / at tension, kV											
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Вода Water	X	311,2	570,9	971,3	67,1	112,4	280,5	58,3	72,0	111,1	51,4	59,0	77,5
	σ	1,3	1,5	1,3	1,0	0,9	1,7	1,0	1,2	1,8	1,1	0,8	0,9
	X_{max}	315,6	576,1	975,6	70,6	115,3	286,1	61,6	75,9	116,9	55,2	61,5	80,5
Абразив Abrasive	X	110,4	371,0	610,7	46,5	90,5	190,4	38,7	55,1	72,6	31,8	47,8	57,7
	σ	1,4	1,6	1,3	0,8	1,2	1,1	0,8	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9
	X_{max}	114,9	376,3	614,9	49,2	94,4	194,0	41,3	59,0	76,2	34,9	50,8	60,6

По результату статистической обработки данных было выявлено, что ток утечки может рассматриваться как непрерывная случайная величина, подчиняющаяся нормальному закону распределения. Тогда для уровня значимости $\alpha = 0,001$ (по ГОСТ Р 8.736–2011) она определяется как:

$$X_{p \max} = X + 3,3\sigma. \quad (1)$$

Значения статистических оценок и доверительного интервала приведены в табл. 1.

Для возможности обоснованного использования доверительной оценки тока утечки без ущерба для полученной структуры данных проведена визуализация

средних значений тока утечки (рис. 2) и доверительных оценок (рис. 3).

Анализируя трехмерные изображения, полученные на рис. 2 и 3, можно сделать вывод, что структура данных при использовании доверительных оценок не изменилась, о чем свидетельствуют достаточно небольшие значения стандартного отклонения по отношению к средним значениям.

Основываясь на результатах исследований [15], для обработки экспериментальных данных использовали степенную зависимость, а при оценке степени аппроксимации экспериментальных данных — коэффициент детерминации R^2 .

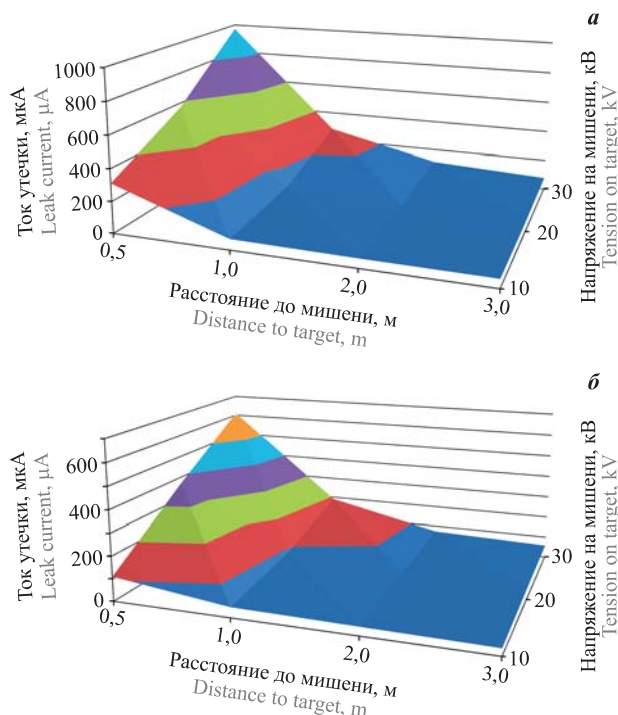


Рис. 2. Графическое отображение данных математического ожидания тока утечки по воде (а) и по воде с абразивом (б)
Fig. 2. Graphic display of data of population mean of leak current on water (a) and with an abrasive (b)

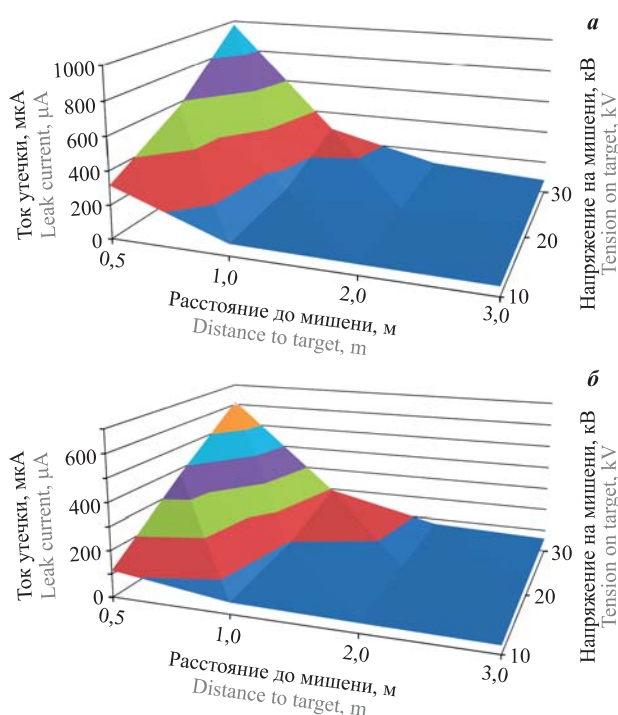


Рис. 3. Графическое отображение данных доверительного интервала тока утечки по воде (а) и по воде с абразивом (б)
Fig. 3. Graphic display of data of a confidential interval of leak current on water (a) and with an abrasive (b)

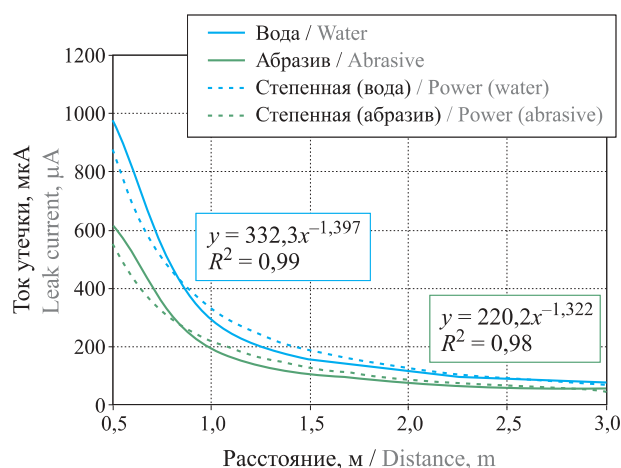


Рис. 4. Зависимость тока утечки от расстояния до мишени при напряжении на ней 30 кВ
Fig. 4. Dependence of values of leak current on distance to a target at a tension on a target of 30 kV

Результаты аппроксимации экспериментальных данных представлены на рис. 4, где в качестве примера приведены значения тока утечки при напряжении 30 кВ.

Коэффициенты полученной степенной зависимости для воды и смеси воды и абразива при различных значениях напряжения представлены в табл. 2.

Из анализа значений коэффициента детерминации (R^2) для рассматриваемых уравнений линии регрессии был сделан вывод, что оценки тока утечки при вариации напряжения на мишени и расстояния до нее, хорошо будут аппроксимированы степенной функцией регрессии, имеющей вид:

$$I = I_0 L^\alpha U^\beta, \quad (2)$$

где I_0 — свободный член модели, мкА (ток утечки);

L — расстояние до мишени, м; $L = 0,5; 1,0; 2,0; 3,0$;

U — напряжение на мишени, кВ;

α, β — эмпирические коэффициенты модели.

На основании анализа коэффициента аппроксимации R^2 , значения которого варьируются от 0,78 до 0,99, использовали доверительную вероятность 95 %, при которой определяли коэффициенты степенной регрессии.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась в программе “EXCEL” (ГОСТ Р 8.736–2011, [19]). При обработке экспериментальных данных было установлено, что полученная математическая зависимость достаточно хорошо описывает эмпирические данные, а коэффициенты аппроксимации составляют: для воды — $R^2 = 0,88$; для смеси воды с абразивом — $R^2 = 0,90$.

В результате обработки экспериментальных данных были получены степенные регрессионные зависимости, представленные в табл. 3.

Верификацию полученных регрессионных зависимостей доверительными оценками эксперимен-

Таблица 2. Коэффициенты регрессионных зависимостей
Table 2. Coefficients of regression dependences

Вид струи Type of a stream	Напряжение на мишени, кВ Tension on a target, kV	Степенная зависимость Power characteristic
Вода Water	10	$I = 120L^{-0,916}, R^2 = 0,78$
	20	$I = 184,8L^{-1,205}, R^2 = 0,88$
	30	$I = 332,3L^{-1,397}, R^2 = 0,99$
Абразив Abrasive	10	$I = 63,5L^{-0,631}, R^2 = 0,88$
	20	$I = 137,3L^{-1,096}, R^2 = 0,90$
	30	$I = 220,2L^{-1,322}, R^2 = 0,98$

Таблица 3. Степенные регрессионные зависимости
Table 3. Sedate regression dependences

Вид струи Type of a stream	Критерий регрессии Criterion of regression	Вид регрессии Type of regression
Вода Water	Нижняя доверительная граница Lower confidential bound	$I = 20,29L^{-1,6}U^{0,45}$
	Ожидаемая регрессия Expected regression	$I = 20,57L^{-1,17}U^{0,775}$
	Верхняя доверительная граница Upper confidential bound	$I = 24,05L^{-0,95}U^{0,9}$
Абразив Abrasive	Нижняя доверительная граница Lower confidential bound	$I = 5,59L^{-1,05}U^{0,92}$
	Ожидаемая регрессия Expected regression	$I = 7,8L^{-1,02}U^{0,955}$
	Верхняя доверительная граница Upper confidential bound	$I = 8,17L^{-0,82}U^{1,1}$

тального наблюдения проведем графически. На рис. 5 показаны графики полученных регрессий и доверительной оценки экспериментальных данных на примере воды и смеси воды и абразива при напряжении 30 кВ.

Из анализа полученных степенных регрессионных зависимостей за модель принимаем уравнение степенной регрессии для верхней доверительной границы, которая гарантирует, что в 95 случаях из 100 определенные экспериментальным путем значения тока утечки не будут превышать рассчитанных по модели значений.

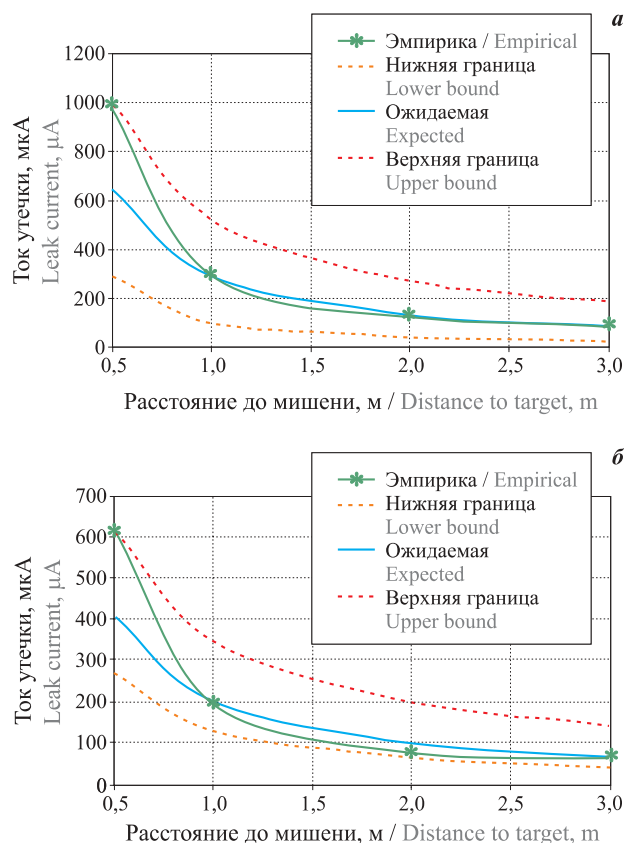


Рис. 5. Соотношение полученных регрессионных зависимостей с эмпирическими данными для воды (а) и смеси воды и абразива (б) при напряжении 30 кВ

Fig. 5. A ratio of the received regression dependences with empirical data for water (a) and mix of water and an abrasive (b) at a voltage of 30 kV

Таким образом, степенные зависимости для определения величины тока утечки в зависимости от расстояния и напряжения на мишени будут иметь вид:

- для воды:

$$I = 24,05L^{-0,95}U^{0,9}; \quad (3)$$

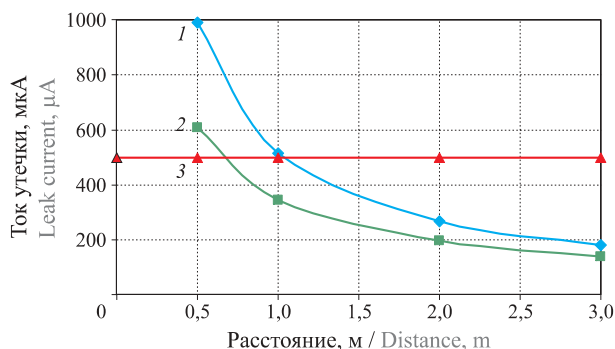


Рис. 6. Расчетные значения тока утечки для воды (1), смеси воды и абразива (2) и ощутимое для человека (3)

Fig. 6. Calculated values of leak current for water (1), mix of water and an abrasive (2) and notable for the person (3)

- для смеси воды и абразива:

$$I = 8,17L^{-0,82}U^{1,1}. \quad (4)$$

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования и их математическая обработка позволили определить рабочие параметры для установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, которые обеспечивают безопасность их применения при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением до 30 кВ с расстояния не менее 1 м с использованием диэлектрического комплекта в соответствии с нормативным документом [13].

Полученные уравнения позволяют определить значения тока, допустимые для обеспечения работоспособности технических средств, работающих совместно с установками пожаротушения (размещение ствола на роботизированных образцах техники и др.), а следовательно, и для подбора узлов и механизмов, способных работать при возникающих токах утечки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2012. — 137 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2013. — 137 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2014. — 137 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году : статистический сборник / Под общ. ред. А. В. Матюшина. — М. : ВНИИПО, 2015. — 124 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году : статистический сборник / Под общ. ред. А. В. Матюшина. — М. : ВНИИПО, 2016. — 124 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году : статистический сборник / Под общ. ред. Д. М. Гордиенко. — М. : ВНИИПО, 2017. — 124 с.
7. Electrical properties of 3M™ Novec™ 1230 fire protection fluid. Compatibility with electrically energized equipment : Technical Bulletin. URL: <http://multimedia.3m.com/mws/media/8615150/3mtm-novectm-1230-fire-protection-fluid-electrical-prop.pdf> (дата обращения: 10.08.2017).
8. Gregory T. Linteris. Clean agent suppression of energized electrical equipment fires. — Quincy : Fire Protection Research Foundation, 2009. — 101 p.

9. Копылов С. Н., Куцук В. А., Баранов Е. В. Определение безопасных расстояний при тушении электроустановок, находящихся под напряжением // Пожарная безопасность. — 2008. — № 3. — С. 52–62.
10. Федяев В. Д. Применение пожарных стволов при тушении пожаров электрооборудования под напряжением // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России. — М. : ВНИИПО, 2015. — С. 62–72.
11. Аleshков М. В., Колбасин А. А. Исследование тока утечки по струе из ручных пожарных стволов при подаче огнетушащего вещества на электрооборудование под напряжением // Энергосбережение и водоподготовка. — 2012. — № 5. — С. 69–71.
12. Навяця Н. В., Исавин Н. В., Поединцев И. Ф., Курбатский О. М. Исследования электропроводности огнетушащих струй и рекомендации по электробезопасности людей при тушении электроустановок // Пожарная профилактика в электроустановках : сб. тр. — М. : ВНИИПО, 1979. — С. 52–62.
13. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы : приказ Минтруда России от 23.12.2014 № 1100н. URL: <http://base.garant.ru/71018304/> (дата обращения: 10.08.2017).
14. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением : рекомендации. — М. : ВНИИПО, 1986. — 17 с.
15. Колбасин А. А. Нормирование требований к средствам тушения электрооборудования под напряжением на объектах энергетики : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2012. — 152 с.
16. Аleshков М. В., Емельянов Р. А., Колбасин А. А., Федяев В. Д. Условия применения современных технологий пожаротушения для ликвидации пожаров электрооборудования под напряжением // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2016. — Т. 25, № 6. — С. 12–18. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.06.12-18.
17. Аleshков М. В., Безбородько М. Д., Гусев И. А. Применение установок пожаротушения с системами гидроабразивной резки на объектах атомной энергетики // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2016. — № 4. — С. 7–12.
18. Gsell J. Assessment of fire suppression capabilities of water mist — Fighting Compartment Fires with the Cutting Extinguisher. — Ulster : Ulster University, 2010. — 138 p.
19. Воскобойников Ю. Е., Воскобойникова Т. Н. Решение задач экономики в EXCEL. — Новосибирск : Новосибирский филиал Санкт-Петербургской академии управления и экономики, 2006. — 216 с.

Материал поступил в редакцию 15 августа 2017 г.

Для цитирования: Аleshков М. В., Гусев И. А. Определение рабочих параметров установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, применяемых на объектах энергетики // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 10. — С. 69–76. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.69-76.

English

DETERMINATION OF WORKING PARAMETERS OF THE INSTALLATIONS OF FIRE EXTINGUISHING WITH OPPORTUNITIES OF HYDROABRASIVE CUTTING APPLIED ON POWER OBJECTS

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

GUSEV I. A., Postgraduate Student of Faculty of Training of Research and Educational Personnel, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: ivan.gusev.92@inbox.ru)

ABSTRACT

Suppression of the fires on objects of power represents quite difficult and labor-intensive process. It is connected with existence of a large amount of flammable substances and materials when which

burning conditions, dangerous to the person, are created. The special danger is constituted by the fires on electric equipment where besides the main dangers there is also a defeat threat of electric current. For safety it is necessary to de-energize electric equipment before suppression that can take long time at which the fire will accept the considerable sizes. For implementation of actions for fire extinguishing on electric equipment without removal of tension from his current carrying parts, it is necessary to determine working parameters for fire extinguishing structures and means of their transportation and giving. The analysis of the carried-out works demonstrates that a large number of factors influences the safe conditions of application of fire extinguishing structures and means of their giving. One of types of fire extinguishing substance is sprayed water which is the main fire extinguishing component applied in installations of fire extinguishing with opportunities of hydroabrasive cutting. Feature of installations is the possibility of supply of fire extinguishing substances through protective designs directly to the seat of fire or a zone of burning. Respectively, when determining working parameters of installations of fire extinguishing with hydroabrasive cutting for their application at suppression of the fires of electric equipment pilot studies where the data array has been received have been energized conducted.

Mathematical processing of the obtained experimental data by method of the regression analysis has been made for definition of the equations describing dependence of size of leak current on distance and tension.

As a result of processing of experimental data dependences of size of leak current for water and mix of water and an abrasive have been received from distance and tension on subject to suppression. The received results are comparable to the results received earlier in works on determination of working parameters for manual fire trunks. It demonstrates to reliability of the received results and their correct processing.

The received results allow to speak about a possibility of application of the considered installations of fire extinguishing for elimination of the fires which have arisen on electric equipment energized up to 30 kV from distance not less than 1 meter when using a dielectric set. Also received values need to be used at selection of knots and mechanisms to technical devices into which the fire extinguishing installation trunk, for their steady work and safety will be integrated.

Keywords: suppression of the fires of electric equipment; installations of fire extinguishing; power objects; working parameters; installations with hydroabrasive cutting; leak currents.

REFERENCES

1. Klimkin V. I. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2011 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2011. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2012. 137 p. (in Russian).
2. Klimkin V. I. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2012 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2012. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013. 137 p. (in Russian).
3. Klimkin V. I. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2013 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2013. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2014. 137 p. (in Russian).
4. Matyushin A. V. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2014 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2014. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2015. 124 p. (in Russian).
5. Matyushin A. V. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2015 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2015. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2016. 124 p. (in Russian).
6. Gordienko D. M. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2016 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2016. Statistical yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2017. 124 p. (in Russian).
7. *Electrical properties of 3M™ Novec™ 1230 fire protection fluid. Compatibility with electrically energized equipment. Technical Bulletin*. Available at: <http://multimedia.3m.com/mws/media/8615150/3mtm-novec-1230-fire-protection-fluid-electrical-prop.pdf> (Accessed 10 August 2017).

8. Gregory T. Linteris. *Clean agent suppression of energized electrical equipment fire*. Quincy, Fire Protection Research Foundation, 2009. 101 p.
9. Kopylov S. N., Kushchuk V. A., Baranov E. V. Determination of safe distances at suppression of the electroinstallations which are energized. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2008, no. 3, pp. 52–62 (in Russian).
10. Fedyayev V. D. Application of fire trunks at suppression of the fires of electric equipment energized. In: *Aktualnyye problemy pozharnoy bezopasnosti: materialy XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems of fire safety. Proceedings of XXVII International Scientific-and-Practical Conference]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2015, pp. 62–72 (in Russian).
11. Aleshkov M. V., Kolbasin A. A. Leak current research on a stream from manual fire trunks at supply of fire extinguishing substance on electric equipment energized. *Energoberezheniye i vodopodgotovka / Energy Saving and Water Treatment*, 2012, no. 5, pp. 69–71 (in Russian).
12. Navtsenya N. V., Isavin N. V., Poedintsev I. F., Kurbatskiy O. M. Researches of conductivity of fire extinguishing streams and the reference on electrical safety of people at suppression of electroinstallations. In: *Pozharnaya profilaktika v elektroustanovkakh. Sbornik trudov* [Fire prophylaxis in electrical installations. Collected papers]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 1979, pp. 52–62 (in Russian).
13. *About the approval of Rules on labor protection in divisions of a federal fire service of the Public fire service*. Order of Ministry of Labour and Social Protection of the Russian Federation on 23.12.2014 No. 1100n (in Russian). Available at: <http://base.garant.ru/71018304/> (Accessed 10 August 2017).
14. *Taktika tusheniya elektroustanovok, nakhodyashchikhsya pod napryazheniyem. Rekomendatsii* [Tactics of suppression of the electroinstallations which are energized. Recommendations]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 1986. 17 p. (in Russian).
15. Kolbasin A. A. *Rationing of requirements to means of suppression of electric equipment energized on power objects*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2012. 152 p. (in Russian).
16. Aleshkov M. V., Emelyanov R. A., Kolbasin A. A., Fedyayev V. D. Terms of the use of modern fire extinguishing technologies for fire liquidation on energized electrical equipment. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 6, pp. 12–18. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.06.12-18.
17. Aleshkov M. V., Bezborodko M. D., Gusev I. A. The use of fire extinguishing installations with water jet cutting systems at power engineering facilities. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya / Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2016, no. 4, pp. 7–12 (in Russian).
18. Gsell J. *Assessment of fire suppression capabilities of water mist — Fighting compartment fires with the cutting extinguisher*. Ulster, University of Ulster, 2010. 138 p.
19. Voskoboynikov Yu. E., Voskoboynikova T. N. *Resheniye zadach ekonomiki v EXCEL* [The solution of problems of economy in EXCEL]. Novosibirsk, Novosibirsk Branch of Saint Petersburg Academy of Management and Economy Publ., 2006. 216 p. (in Russian).

For citation: Aleshkov M. V., Gusev I. A. Determination of working parameters of the installations of fire extinguishing with opportunities of hydroabrasive cutting applied on power objects. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 10, pp. 69–76 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.69-76.