

Научная статья
УДК 614.84
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.16.94.010

Применение автоматической установки пожаротушения тонкораспыленной водой для тушения электрооборудования под напряжением

Александр Михайлович Солоненко

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия.

*Автор ответственный за переписку: Александр Михайлович Солоненко,
san4eeesss01@gmail.com*

Аннотация. В статье рассмотрена проблема применения автоматических установок пожаротушения для тушения электрооборудования под напряжением на объектах энергетики. Проведена серия экспериментов по определению тока утечки по струе огнетушащего вещества и на корпусе автоматической установки пожаротушения тонкораспыленной водой. Получены уравнения линейной регрессии, описывающие зависимость тока утечки от интенсивности подачи тонкораспыленной воды.

Для проведения экспериментальных исследований был создан специальный стенд, который позволяет измерить величину тока утечки на корпусе автоматической установки пожаротушения и по струе огнетушащего вещества.

Ключевые слова: Автоматические установки пожаротушения, ток утечки, электрооборудование, объекты энергетики, тонкораспыленная вода

Для цитирования: Солоненко А.М. Применение автоматической установки пожаротушения тонкораспыленной водой для тушения электрооборудования под напряжением // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 148-156. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.16.94.010>

Original article

The use of an automatic fire extinguishing system with thinly sprayed water for extinguishing live electrical equipment

Alexander M. Solonenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Alexander M. Solonenko, san4eeesss01@gmail.com

Abstract. The article discusses the issue of using automatic fire extinguishing systems to put out electrical equipment that is under voltage in energy facilities. A series of experiments were conducted to determine the amount of current that flows through a stream of extinguishing agent and through the body of an automatic fire suppression system when using finely sprayed water. Linear regression equations were derived to describe the relationship between the amount of current and the intensity of the flow of finely dispersed water.

For experimental research a special stand was created, which allows to measure the leakage current on the body of the automatic fire extinguishing unit and on the jet of extinguishing agent.

Keywords: Automatic fire extinguishing installations, leakage current, electrical equipment, energy facilities, thinly sprayed water

For citation: Solonenko A. M. The use of an automatic fire extinguishing system with thinly sprayed water for extinguishing live electrical equipment // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024; № 2 (33): С. 148-156. (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.16.94.010>

Электроэнергетика — это фундамент работы экономики и системы жизнеобеспечения Российской Федерации. Именно поэтому обеспечение безопасности объектов энергетики — ключевая задача. Одна из основных угроз для таких объектов — пожары. Проведя анализ статистики пожаров в Российской Федерации по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования в производственных и складских зданиях, можно определить сохраняющийся высокий показатель количества пожаров. [1] (Рис. 1).

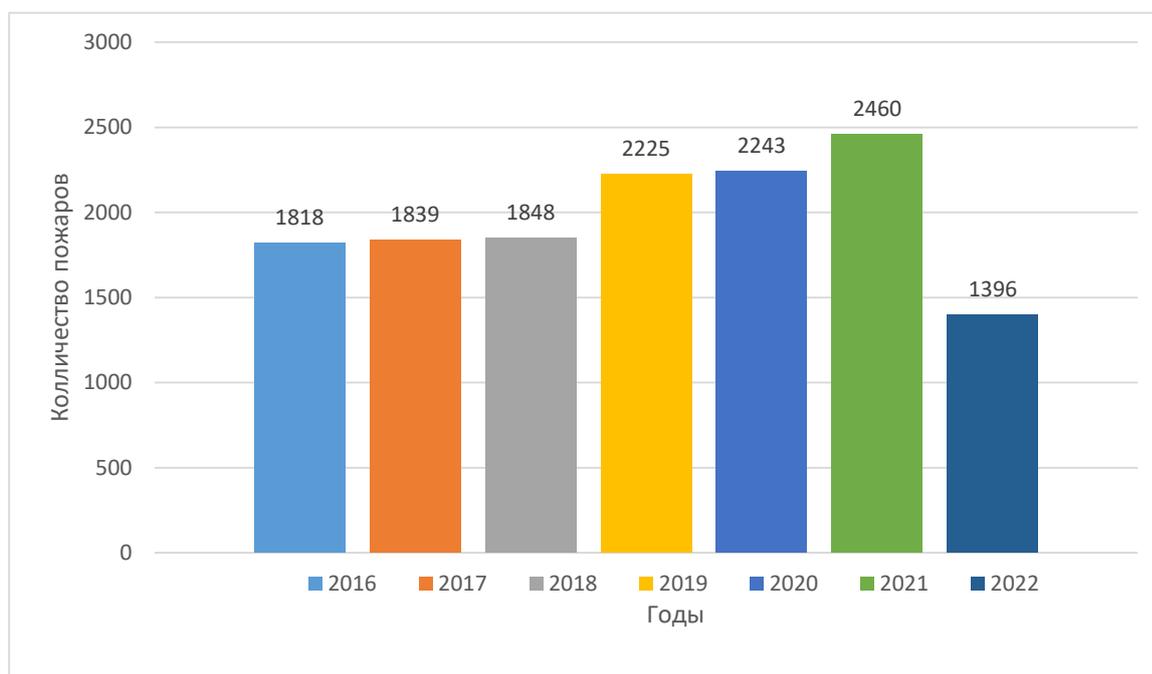


Рис.1. Данные о пожарах по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования в производственных и складских зданиях в 2016–2022 г.г

Наиболее частыми причинами пожаров, возникающих при эксплуатации электроустановок, являются:

- короткие замыкания в электропроводах и электрическом оборудовании;
- токовые перегрузки электропроводок и электрооборудования;
- большие переходные сопротивления в местах контактных соединений.

При тушении электрооборудования, находящегося под напряжением, существует высокий риск поражения электрическим током для сотрудников пожарной охраны. Использование автоматических установок пожаротушения (АУПТ) позволит подать огнетушащее вещество в очаг возгорания быстрее, что уменьшит ущерб от пожара и обеспечит безопасность пожарных.

Согласно СП 485.1311500.2020, в пункте 6.1.6 указано, что на объектах энергетики нельзя использовать автоматические установки пожаротушения (АУП), если объекты находятся под напряжением. Необходимо предварительно отключить электроэнергию. Допускается использование АУП для тушения оборудования с открытыми незаизолированными токоведущими частями, находящимися под напряжением, без отключения электроэнергии. Но только в том случае, если в проектной документации указаны мероприятия, которые

исключают поражение электрическим током персонала. К сожалению, в документе не указано, какие именно мероприятия нужно проводить.

Проблему тушения пожаров на объектах энергетики изучали разные учёные и специалисты, такие как А. К. Микеев, А. А. Колбасин, Т. И. Чистяков, И. А. Гусев и другие [1–8]. Однако в их работах не рассматривалось использование автоматических установок пожаротушения для тушения электрооборудования под напряжением на объектах энергетики. Это делает настоящее исследование актуальным.

Основной критерий безопасности при использовании автоматической установки пожаротушения— это величина тока утечки по струе огнетушащего вещества и на корпусе самой установки. Если величина тока утечки составляет менее 0,5 мА, то человек не ощутит его при соприкосновении с токопроводящими частями АУПТ.

Для проведения серии экспериментальных исследований был разработан специальный стенд, позволяющий определить величину тока утечки на корпусе автоматической установки пожаротушения и по струе огнетушащего вещества. Данный стенд представляет собой: заземлённую металлическую мишень размером 3000 x 3000 мм установленную на изоляторах ИОС-110-400. Источником электрического тока является аппарат испытания диэлектриков АИД-70М который подключается к мишени с помощью силового кабеля. Данный прибор способен генерировать переменное напряжение в диапазоне от 10 до 50 киловольт с частотой 50 герц. Для регистрации и анализа данных о токе утечки применялись два цифровых мультиметра Fluke 28 II. Они позволяют измерять переменный ток в широком диапазоне: от 0,1 мкА до 10 А. Схема стенда представлена на Рис.2.

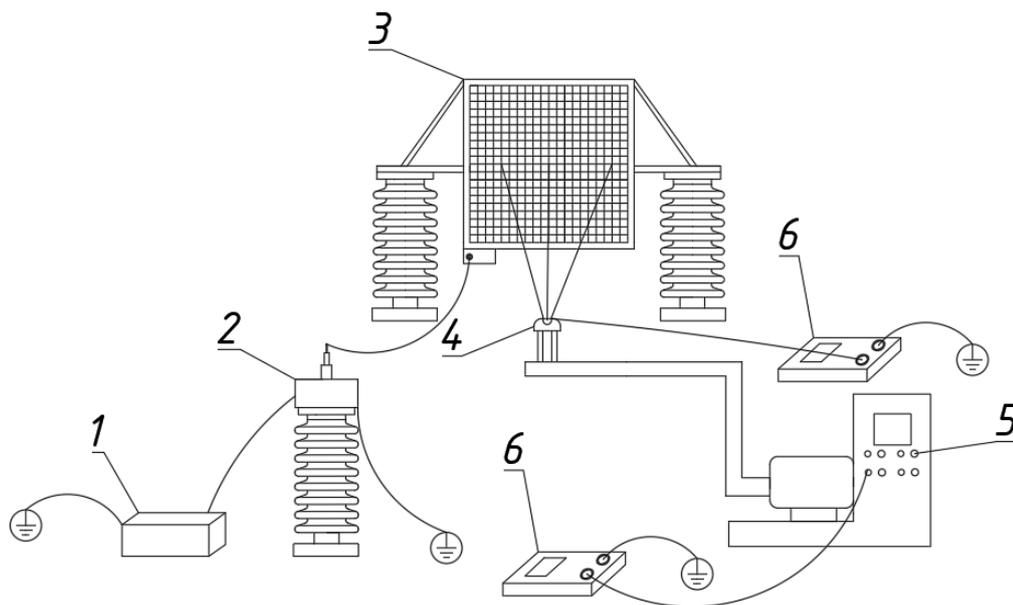


Рис.2. Схема экспериментального стенда для определения величины тока утечки из АУПТ тонкораспыленной водой: 1, 2 – аппарат испытания диэлектриков; 3 – мишень; 4 – форсунка-распылитель; 5 – АУПТ тонкораспыленной водой; 6 – цифровой мультиметр.



Рис.3 Общий вид стенда при проведении эксперимента

На загородном учебном центре Академии ГПС МЧС России «Нагорное» была проведена серия установочных экспериментов по определению возможности безопасного применения автоматической установки пожаротушения тонкораспыленной водой. Эксперименты проводились в закрытом помещении площадью 70 м². Температура воздуха в помещении была в диапазоне от +9 °С до +14 °С. Относительная влажность воздуха составляла от 50 % до 70 %. Мишень находилась под напряжением 36 кВ переменного тока. Тонкораспылённую воду подавали из мобильной автоматической установки пожаротушения под давлением 8,11 МПа. Исследовались оросители для установок пожаротушения тонкораспыленной водой, с интервалом к-фактора от 1.5 до 7, расстояние от мишени до распылителя составляло 1 метр. В течении 60 секунд происходила подача тонкораспыленной воды и измерялся ток утечки на корпусе насосной установки и на форсунке [9-10]. Измерение тока утечки производилось в двух точках: на корпусе насосной установки и на форсунке распылителя, Рис.4.



Рис.4. Места измерения тока утечки во время экспериментального исследования



Рис.5. Экспериментальное исследование величины тока утечки из АУПТ

В результате серии экспериментов получилось установить значения тока утечки на корпусе АУПТ и форсунке распылителя в зависимости от интенсивности подачи тонкораспыленной воды, данные экспериментов представлены в Таблица 1.

Таблица. 1 Результаты серии экспериментов.

К-фактор, $\frac{\text{литр}}{\text{мин} \cdot \sqrt{\text{бар}}}$	Давление воды, P , МПа	Напряжение на мишени, U , кВ	Расстояние от форсунки до мишени, L_a , м	Ток утечки на форсунке, $I_{\text{ут}}$, мА	Ток утечки на корпусе установки $I_{\text{утк}}$, мА
1.5	8,11	36	1	0,11	0,1
2.7	8,11	36	1	0,15	0,11
2.9	8,11	36	1	0,16	0,11
3 горизонтальная	8,11	36	1	0,16	0,12
3.2	8,11	36	1	0,17	0,12
3.5	8,11	36	1	0,20	0,14
3.6	8,11	36	1	0,21	0,14
4.2	8,11	36	1	0,24	0,16
4.7	8,11	36	1	0,28	0,17
5.2	8,11	36	1	0,31	0,18
5.9	8,11	36	.1	0,38	0,20
6.2	8,11	36	1	0,40	0,21
6.5	8,11	36	1	0,49	0,25
6.8	8,11	36	.1	0,55	0,27
7	8,11	36	1	0,58	0,30

Для установления зависимостей тока утечки на корпусе АУПТ и форсунке распылителя от интенсивности подачи тонкораспыленной воды полученные данные обрабатывались при помощи регрессионного анализа методом наименьших квадратов. В этом эксперименте измеряли зависимость тока утечки на форсунке-распылителе от интенсивности подачи ОТВ (этот параметр также называют К-фактором). При этом ток утечки на форсунке-распылителе считался зависимой переменной, а величина интенсивности подачи ОТВ — независимой.

Линейное уравнение регрессии для величины тока утечки на форсунке распылителя имеет вид:

$$I = 0,0861 \times K - 0,0915$$

где I - ток утечки, K - интенсивность подачи (К-фактор) от 1,5 до 7.

Индекс корреляции $R = 0,9603$, что говорит о 96% точности линейного уравнения регрессии.

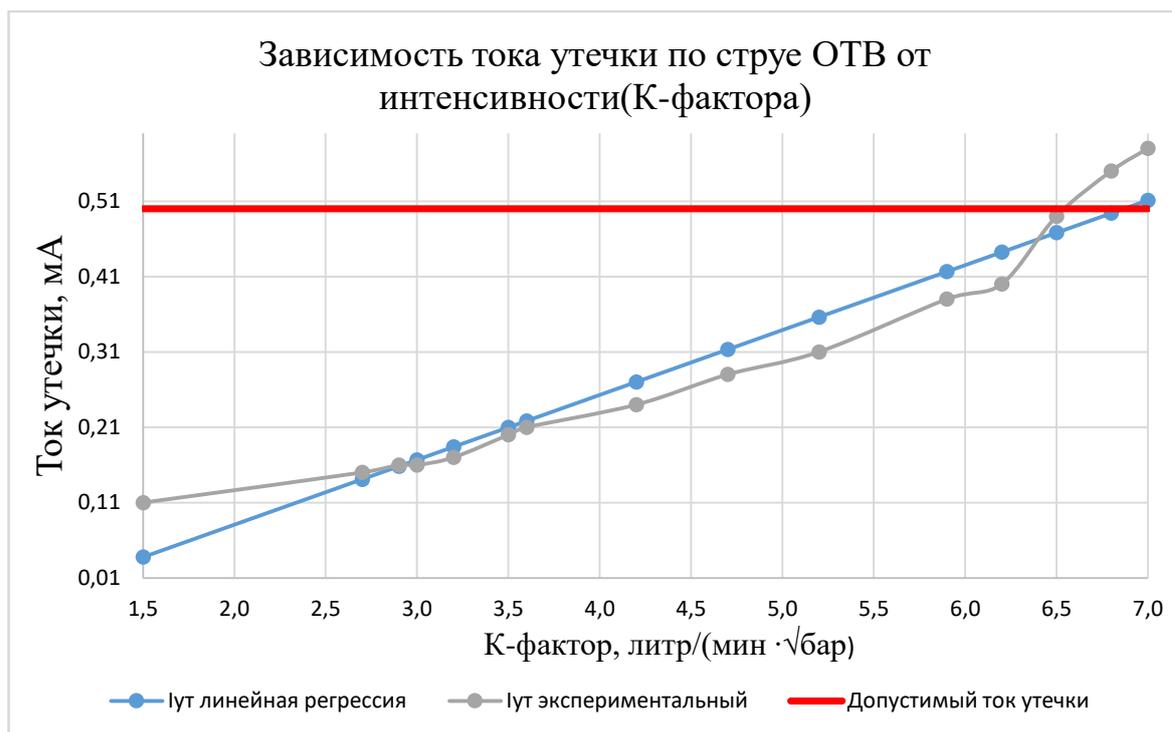


Рис.6. – Зависимости тока утечки по струе от интенсивности (К-Фактора) подачи ОТВ

Таким же способом наименьших квадратов находилось уравнение регрессии для тока утечки на корпусе автоматической пожарной установки.

Линейное уравнение регрессии для тока утечки на корпусе автоматической установки пожаротушения имеет вид:

$$I = 0,0348 \times K + 0,0166$$

где I - ток утечки, K - интенсивность подачи (К-фактор) от 1,5 до 7.

Индекс корреляции $R = 0,9589$, что говорит о 95% точности линейного уравнения регрессии.

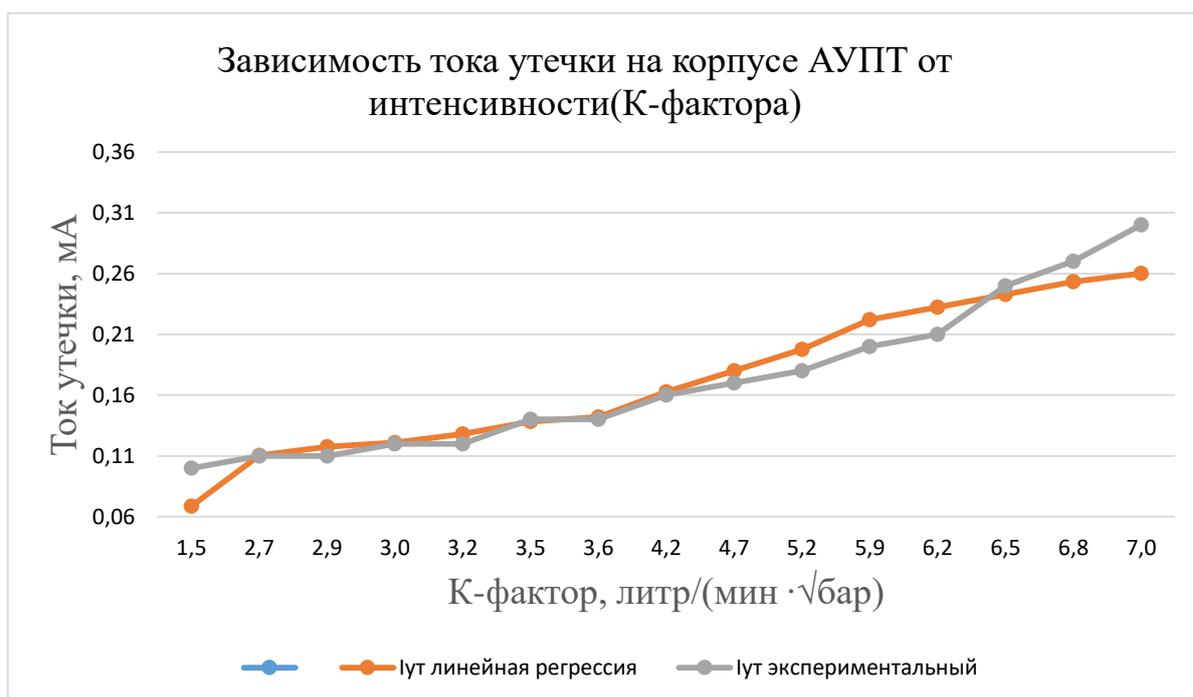


Рис. 7. – Зависимости тока утечки на корпусе автоматической установки пожаротушения от интенсивности (К-Фактора) подачи ОТВ

При помощи установленных уравнений линейной регрессии возможно рассчитать ток утечки на форсунке и корпусе автоматической установки пожаротушения тонкораспылённой водой.

Таким образом, после проведения серии экспериментов и получения линейных уравнений регрессии установлено что значительное влияние на ток утечки на корпусе автоматической установки пожаротушения и форсунке распылителя влияет интенсивность подачи ОТВ (К-Фактор). Использование данной автоматической установки пожаротушения с тонкораспылённой водой является безопасным для персонала объекта, при условии подачи огнетушащего вещества не превышения значения 6.5 К-фактора, литр/(мин · √бар). Исходя, из пункта 6.1.6 СП 485.1311500.2020 можно сделать вывод, что данное экспериментальное исследование возможно использовать, как одно из мероприятий позволяющее исключить поражения персонала объекта электрическим током.

Список источников

1. Гусев, И. А., Ольховский И. А., Ирхин Е. С., Марченко Д. В. Применение пожарных автоцистерн с гидроабразивной резкой при тушении пожаров электрооборудования под напряжением // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2019. – № 8. – С. 114-119. – EDN NIQQAP.
2. Роевко В. В., Т Чистяков. И., Тараканов Д. В., Халиков Р. В. Оценка электропроводимости струй температурно-активированной воды с дозированием ингибирующей соли для тушения электрооборудования газокomppressorных станций // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30, № 1. – С. 64-74. – DOI 10.22227/PVB.2021.30.01.64-74. – EDN ANOFSS.
3. Баранов Е. В., Копылов С. Н., Мамедов З. И. Методика испытаний покрывала "Термоцит" на безопасность применения для тушения электрооборудования под напряжением // Пожарная безопасность. – 2019. – № 1. – С. 116-119. – EDN YZZZJ.
4. Алешков, М. В. Пожары различных видов электроустановок и способы их тушения / Алешков М. В., Иощенко Д. А., Ольховский И. А. // Пожаровзрывобезопасность. – 2020. – Т. 29, № 5. – С. 51-59. – DOI 10.22227/PVB.2020.29.05.51-59. – EDN OJMYTR.
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. – EDN TEXLXJ.
6. Федяев В. Д. Применение пожарных стволов при тушении пожаров электрооборудования под напряжением / В. Д. Федяев // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVII Международная научно-практическая конференция, посвященной 25-летию МЧС России : В 3 частях, Москва, 20 мая 2015 года. Том Часть 3. – Москва: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015. – С. 62-72. – EDN TYNFUT.
7. Алешков М. В., Емельянов Р. А., Колбасин А. А., Федяев В. Д. Обзор применения технологии подачи компрессионной пены при тушении пожаров электрооборудования под напряжением // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 4(62). – С. 58-63. – EDN VTPNGP.
8. Алешков, М. В. Обеспечение технологии пожаротушения в замкнутых объёмах помещений объектов энергетики / Алешков М. В., Гусев И. А. // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2017. – № 26. – С. 176-179. – EDN YLZZRU.
9. Алешков М.В. Величина тока утечки при тушении электрооборудования под напряжением автоматическими установками газового и водяного пожаротушения / Алешков М.В., Колбасин А.А., Иощенко Д.А., Солоненко А.М. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2023. - № 2. – С. 56-65.

10. Аleshkov, M. V. Анализ возможности применения автоматических установок пожаротушения для электрооборудования под напряжением на объектах энергетики / Аleshkov M. V., Колбасин А. А., Солоненко А. М. // Технологии техносферной безопасности. – 2022. – № 4(98). – С. 21-29. – DOI 10.25257/TTS.2022.4.98.21-29. – EDN MLHZPL

References

1. Gusev I. A., Olkhovsky I. A., Irkhin, E. S., Marchenko D. V. The use of fire tankers with waterjet cutting in extinguishing fires of electrical equipment under voltage // Problems of technosphere safety: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists. – 2019. – No. 8. – pp. 114-119. – EDN NIQQAP.
2. Roenko V. V., Chistyakov T. I., Tarakanov D. V., Khalikov R. V. Assessment of the electrical conductivity of jets of temperature-activated water with dosing of inhibitory salt for extinguishing electrical equipment of gas compressor stations // Fire and explosion safety. – 2021. – Vol. 30, No. 1. – pp. 64-74. – DOI 10.22227/PVB.2021.30.01.64-74. – EDN ANOFSS.
3. Baranov E. V., Kopylov S. N., Mammadov Z. I. Test procedure of the thermal shield cover for safety of use for extinguishing electrical equipment under voltage // Fire safety. – 2019. – No. 1. – pp. 116-119. – EDN YZZZJ.
4. Aleshkov, M. V. Fires of various types of electrical installations and methods of extinguishing them / Aleshkov M. V., Ishchenko D. A., Olkhovsky I. A. // Fire and explosion safety. - 2020. – vol. 29, No. 5. – pp. 51-59. – DOI 10.22227/PVB.2020.29.05.51-59. – EDN OJMYTR.
5. Aleshkov M. V., Yemelyanov R. A., Kolbasin A. A., Fedyaev V. D. The use of continuous water jets in extinguishing live electrical installations at nuclear power facilities // Fires and emergencies: prevention, elimination. - 2014. – No. 4. – pp. 17-23. – EDN TEXTLXJ.
6. Fedyaev, V. D. The use of fire barrels in extinguishing fires of electrical equipment under voltage / Fedyaev V. D. // Actual problems of fire safety : materials of the XXVII International Scientific and practical conference dedicated to the 25th anniversary of the Ministry of Emergency Situations of Russia : In 3 parts, Moscow, May 20, 2015. Volume Part 3. – Moscow: Federal State Budgetary Institution VNIPO of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2015. – pp. 62-72. – EDN TYHFUT.
7. Aleshkov M. V., Yemelyanov R. A., Kolbasin A. A., Fedyaev V. D. Review of the application of compression foam supply technology in extinguishing fires of electrical equipment under voltage // Technosphere safety technologies. – 2015. – № 4(62). – Pp. 58-63. – EDN VTPNGP.
8. Aleshkov, M. V. Ensuring fire extinguishing technology in confined spaces of energy facilities / Aleshkov M. V., Gusev I. A. // Materials of the international scientific and technical conference "Security systems". - 2017. – No. 26. – pp. 176-179. – EDN YLZZRU.
9. Aleshkov M.V. The magnitude of the leakage current when extinguishing electrical equipment under voltage by automatic gas and water fire extinguishing installations / M.V. Aleshkov, Kolbasin A.A., Ishchenko D.A., Solonenko A.M. // Fires and emergencies: prevention and elimination. - 2023. - No. 2. – pp. 56-65.
10. Aleshkov, M. V. Analysis of the possibility of using automatic fire extinguishing systems for live electrical equipment at energy facilities / Aleshkov M. V., Kolbasin A. A., Solonenko A.M. // Technosphere safety technologies. – 2022. – № 4(98). – Pp. 21-29. – DOI 10.25257/TTS.2022.4.98.21-29. – EDN MLHZPL.

Статья поступила в редакцию 23.05.2024; одобрена после рецензирования 06.06.2024; принята к публикации 13.06.2024.

The article was submitted 23.05.2024, approved after reviewing 06.06.2024, accepted for publication 13.06.2024.