

Научная статья

УДК 614.843

doi: 10.34987/2712-9233.2024.63.22.004

Проблемы исследования зон оплавлений алюминиевых проводников методами элементного анализа при производстве пожарно-технической экспертизы

*Елизавета Вячеславовна Каргапольцева¹
Анатолий Александрович Шеков^{1,2}*

¹Восточно-Сибирский институт МВД России, Иркутск, Россия

²Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор ответственный за переписку: Елизавета Вячеславовна Каргапольцева, Kargapoltseva@mail.ru

Аннотация. Элементный анализ зон оплавлений алюминиевых проводников может иметь важное значение при решении задач пожарно-технической экспертизы. В работе проведен анализ подходов научного сообщества к определению условий окружающей среды, при которых протекают тепловые аварийные процессы в электрической сети, методами элементного анализа зон оплавлений алюминиевых проводников. Установлено наличие противоречий по элементному составу зон оплавлений алюминиевых проводников в зависимости условий протекания аварийного процесса.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза, причина пожара, алюминиевые электрические проводники, короткое замыкание, элементный анализ

Для цитирования: Каргапольцева Е.В., Шеков А.А. Проблемы исследования зон оплавлений алюминиевых проводников методами элементного анализа при производстве пожарно-технической экспертизы // Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2024. № 1 (13). С 18-21. URL:<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2024.63.22.004>

Problems of studying melt zones of aluminum conductors using elemental analysis methods during fire-technical examination

*Elizaveta V. Kargapoltseva¹
Anatoly A. Shekov^{1,2}*

¹East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, Russia

²Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: Elizaveta V. Kargapoltseva, Kargapoltseva@mail.ru

Abstract. Elemental analysis of melting of aluminum conductors can be important in solving problems of fire-technical examination. The work analyzes the approaches of the scientific community to determining the environmental conditions under which thermal emergency processes occur in the electrical network using the methods of elemental analysis of melting of aluminum conductors. It has been established that there are contradictions in the elemental composition of melted aluminum conductors depending on the conditions of the emergency process.

Keywords: fire-technical examination, cause of fire, aluminum electrical conductors, short circuit, elemental analysis

For citation: Kargapoltseva E.V., Shekov A.A. Problems of studying melt zones of aluminum conductors using elemental analysis methods during fire-technical examination // Actual problems of safety In the technosphere 2024. No. 1 (13). P. 18-21. URL:<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2024.63.22.004>

Безопасная эксплуатация промышленных предприятий, объектов сельского хозяйства, зданий общественного назначения, жилых домов во многом зависит от технического состояния электрооборудования, электроустановок и электроприборов.

Возгорания в результате нарушений правил устройства и эксплуатации электрооборудования традиционно занимают второе место после неосторожного обращения с огнем и составляют около 17 % от общего количества пожаров [1]. В связи с этим исследованию элементов электрооборудования, включая электрической проводки, при расследовании и экспертизе пожаров уделяется особое внимание.

Одной из основных задач при исследовании электрических проводников является установление условий окружающей среды, при которых развивался аварийный режим. Инструментальная методика установления момента возникновения короткого замыкания на медных и алюминиевых проводах, позволяющая дифференцировать дуговые оплавления, возникающие в результате так называемых «первичных» и «вторичных» коротких замыканий, была разработана под руководством профессора Г.И. Смелкова [2].

Свое развитие методика получила в работах Л.С. Митричева, С.И. Зернова, И.Д. Чешко, А.Ю. Мокряк и др. [3-5]. Исследования проводят по единой схеме, в основу которой положен принцип повышения достоверности вывода о моменте возникновения короткого замыкания при сохранении образцов. Визуальный осмотр, морфологические исследования (оптическая и сканирующая электронная микроскопия) и рентгенофазовый анализ выполняются без разрушения образцов. При металлографическом анализе происходит частичное разрушение образца, однако шлиф при соблюдении надлежащих условий сохраняется длительное время. Дополнительным признаком для дифференциации механизмов короткого замыкания как медных, так и алюминиевых проводников в методике [3] предлагается элементный состав.

С учетом того, что алюминий имеет низкую температуру плавления и в результате нередко в процессе развития пожара наблюдается изменение структуры проводника, дополнительные признаки могут иметь решающее значение при формулировании выводов об условиях протекания аварийного режима в электрической сети.

В работе [3] отмечается, что если в состав металла в зоне оплавления входят элементы, содержащиеся в изоляции, то такие проводники были оплавлены при условиях пожара.

Ильющенко А.Ф. [6] в результате микрорентгеноспектрального анализа было установлено, что рентгеновские спектры алюминиевых проводников, оплавленных при нормальных условиях окружающей среды, не отличаются от соответствующих спектров неоплавленных образцов. Автором сделан вероятностный вывод о том, что если в элементные составы зон оплавления алюминиевых проводников дополнительно входят элементы, содержащиеся в изоляции, то проводники были оплавлены при условиях пожара. При этом результаты исследования в работе не приведены.

Се и др. сообщили о случае, когда внутри сгоревшего распределительного щита были обнаружены три алюминиевых провода с различными следами оплавления [7].

В результате визуального исследования было установлено, что один из проводов не имел следов оплавления изоляции и жил (рис. 1 в), на образце № 1 (рис. 1 а) имелось локальное оплавление ПВХ изоляции и алюминиевых жил, на образце № 2 (рис. 1 б) имелись протяженные зоны выгорания и оплавления изоляции, оплавления алюминиевых жил.

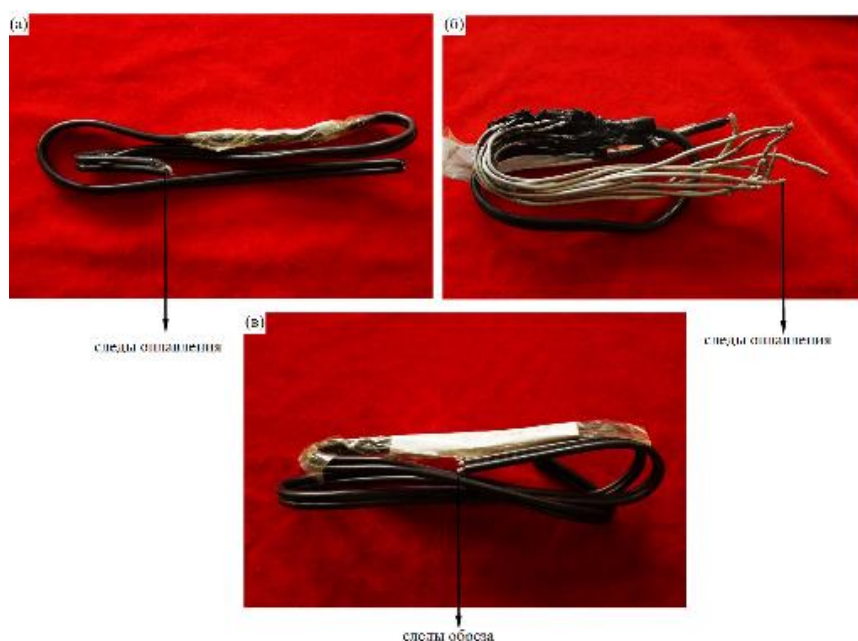
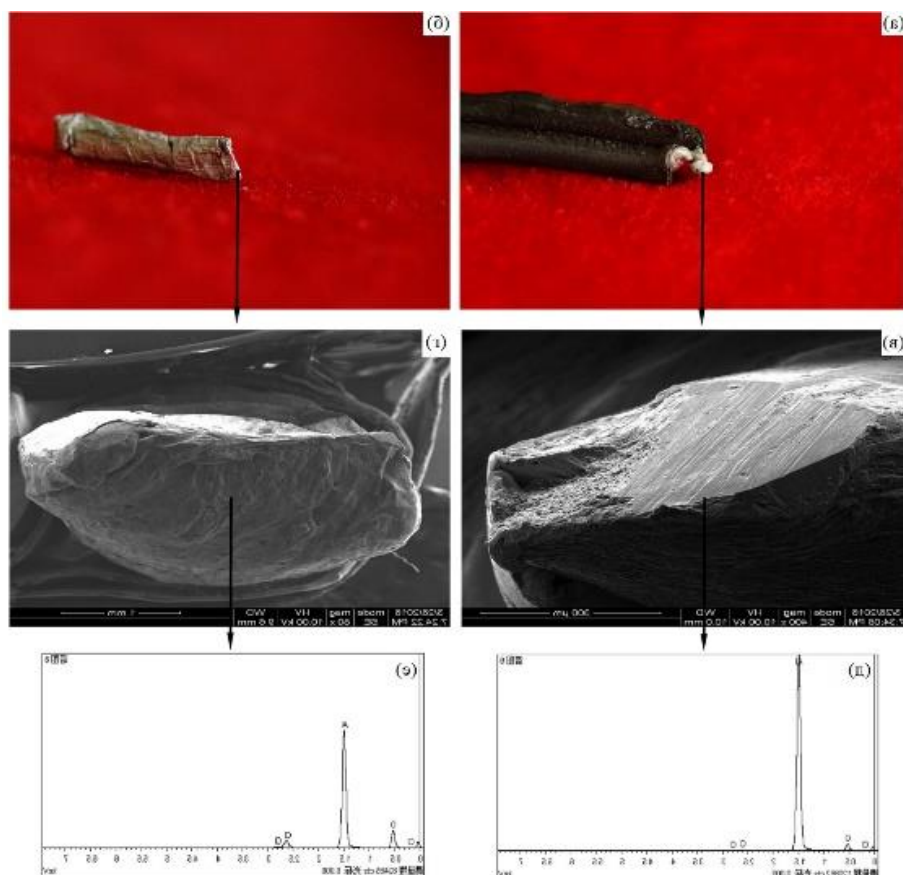


Рис. 1. Алюминиевые провода, представленные для исследования: а – провод № 1, б – провод № 2, в – провод № 3

В результате исследования зон оплавления проводников методом сканирующей электронной микроскопии было установлено уменьшение сечения жилы провода № 1 (рис. 2 в). С учетом пластичности алюминия, натяжения электрических



проводников, авторы пришли к выводу, что алюминиевая жила провода № 1 была разрушена (разорвана) за короткий период времени.

Рис. 2. Результаты исследования алюминиевых проводников № 1 (а, в, д) и № 2 (б, г, е) методами визуального осмотра (а, б), сканирующей электронной микроскопии (в, г), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (д, е)

Методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS) был установлен элементный состав зон оплавлений, который преимущественно включает алюминий и незначительное содержание кислорода и хлора. При этом содержание кислорода и хлора было выше в образце № 2 (рис. 2 е).

Авторы предположили, что в результате расплавления жил электрической дугой произошел обрыв провода № 1. Соответственно провод находился вне зоны теплового воздействия, изоляция не разлагалась и окисление алюминия не происходило. Незначительное количество кислорода и хлора в зоне оплавления проводников могло появиться в момент действия электрической дуги.

С учетом протяженной зоны повреждения изоляции и окисления проводника № 2, более высокого содержания в зоне оплавления кислорода и хлора, авторы сделали вывод о более длительном тепловом воздействии на провод № 2 и первоначальном коротком замыкании на проводе № 1.

Как видно, авторы работ [3, 6, 7] утверждают, что наличие в зоне оплавления алюминиевого проводника элементов, содержащихся в изоляции, свидетельствует о протекании аварийного режима в условиях пожара. В то же время в работе [8] методом рентгенофлуоресцентного анализа было установлено, что содержание хлора в оплавлении алюминиевого проводника, полученном при коротком замыкании в нормальных условиях окружающей среды, превышает в 1,6 раза по сравнению с оплавлением, сформированным в условиях воздействия пламени горелки. Снижение содержания хлора в оплавлении авторы объяснили выгоранием поливинилхлоридной изоляции под действием пламени горелки до возникновения короткого замыкания.

Таким образом, элементный состав зоны оплавления алюминиевого проводника может являться важным признаком условий протекания аварийного режима в электрической сети, однако отсутствие достоверных данных и, соответственно, наличие противоречий в представлении научного сообщества об изменении состава оплавления проводника при таких аварийных процессах, свидетельствует о необходимости проведения дополнительных экспериментальных исследований.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.- аналитич. сб. - Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. – 80 с.
2. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. - М.: Стройиздат, 1980. – 58 с.
3. Митричев Л.С., Колмаков А.И., Степанов Б.В. и др. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: метод. рекомендации. - М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. – 43 с.
4. Мокряк А.Ю., Пеньков В.В., Чешко И.Д. и др. Экспертное исследование оплавлений медных проводников, изымаемых с места пожара: Учебное пособие. – М.: ЭКЦ МВД России, 2015. - 80 с.
5. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д., Парийская А.Ю. и др. Экспертное исследование после пожара медных проводников: метод. рекомендации. – СПб.: ФГБОУ ВО «СПб университет ГПС МЧС России», 2019. – 149 с.
6. Ильюшенко А.Ф., Фомихина И.В., Юнчиц В.М. Структура алюминиевых проводников с оплавлениями для определения момента возникновения короткого замыкания при проведении пожарно-технических экспертиз // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2012. № 2. С. 110–117.
7. Xie D., Wang W., Lv S. et al. Visual and oxide analysis for identification of electrical fire scene // Forensic Sci. Int. Vol. 285, 2018, P. e21–e24.
8. Чернякова Г.А., Шеков А.А. Влияние условий короткого замыкания на химический состав зоны оплавления алюминиевого проводника // Деятельность правоохранительных органов в современных условиях: Материалы Международной научно-практической конференции в 2-х частях. Ч. II. Иркутск: ФГОУ ВПО «Восточно-Сибирский институт МВД России», 2011. С. 97–99.

Информация об авторах

А.А.Шеков – кандидат химических наук, доцент

Information about the author

A.A. Shekov – Ph.D. of Chemical Sciences, Docent

Статья поступила в редакцию 12.03.2024, одобрена после рецензирования 27.03.2024; принята к публикации 28.03.2024.

The article was submitted 12.03.2024, approved after reviewing 27.03.2024, accepted for publication 28.03.2024.