

Научная статья
УДК 343.983.25
DOI: 10.55001/2587-9820.2024.34.98.024

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТЕРА ОТЖИГА ПРОВОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ,
ПОДВЕРГШИХСЯ ТОКОВОЙ ПЕРЕГРУЗКЕ**

**Анатолий Александрович Шеков¹, Леонид Васильевич Дашко²,
Алексей Александрович Дятлов³**

¹Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, Российская Федерация, shek@inbox.ru

²Экспертно-криминалистический центр МВД России, г. Москва, Российская Федерация, ldashko@mvd.ru

³ФГБУ Судебно-экспертное учреждение ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Иркутской области, г. Иркутск, Российская Федерация, dexter900@ya.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследования медных проводников, подвергнутых токовым перегрузкам, методом определения усилия изгиба. Установлено, что для проводников, подвергнутых токовой перегрузке кратностью от 2,8 до 13, величина усилия изгиба составляет от 0,6 до 1,16 кг, что в 2–6 раз меньше, чем для проводника, не подвергавшегося токовой перегрузке (2,3–2,4 кг). Для проводников, подвергнутых токовым перегрузкам, характерно наличие участков, на которых процессы рекристаллизации еще не завершились, и участков, на которых медь находится в «послерекристаллизационном» состоянии. Авторами предложен механизм исследования с помощью тестера отжига проводов ТОП-01-ЭП медных многожильных проводников, подвергавшихся токовым перегрузкам, изымаемых с мест пожаров. Критерием применения тестера отжига проводов ТОП-01-ЭП является одновременное наличие жил, находящихся в исходном («дорекристаллизационном») состоянии, и жил, в которых процессы рекристаллизации практически завершены, то есть жил, величина усилия изгиба для которых будет отличаться в 2 и более раз.

Ключевые слова: пожар; электрические проводники, аварийный режим, перегрузка, сверхтоки, усилие при изгибе, тестер отжига проводов, судебная пожарно-техническая экспертиза

Для цитирования: Шеков, А. А., Дашко, Л. В., Дятлов, А. А. Применение тестера отжига проводов при исследовании пластической деформации медных проводников, подвергшихся токовой перегрузке // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра : сб. науч. тр. Иркутск : Восточно-Сибирский институт МВД России. 2024. Т. 29. № 1. С. 246–255. DOI: 10.55001/2587-9820.2024.34.98.024

APPLICATION OF WIRE ANNEALING TESTER IN THE STUDY OF PLASTIC DEFORMATION OF COPPER CONDUCTORS SUBJECTED TO CURRENT OVERLOADING

Anatoly A. Shekov¹, Leonid V. Dashko², Alexey A. Dyatlov³

¹East Siberian Institute of the MIA of Russia, Irkutsk, Russian Federation, shek@inbox.ru

²Forensic Center of the MIA of Russia, Moscow, Russian Federation, suthomas@yandex.ru

³Forensic expert institution of the federal fire service «Fire Testing Laboratory» in the Irkutsk Territory, Irkutsk, Russian Federation, a258a216@mail.ru

Abstract. The article considers the results of the study of copper conductors subjected to current overloads by the method of determining the bending force. It is established that for conductors subjected to current overload with multiplicity from 2.8 to 13, the value of bending force is from 0.6 to 1.16 kg, which is 2-6 times less than for the conductor not subjected to current overload (2.3-2.4 kg). Conductors subjected to current overloads are characterised by the presence of areas where recrystallisation processes have not yet been completed and areas where copper is in a "post-recrystallisation" state. The authors have proposed a mechanism of research with the help of wire annealing tester TOP-01-EP of copper stranded conductors, subjected to current overloads, taken from fire scenes. The criterion of application of the TOP-01-EP wire annealing tester is the simultaneous presence of conductors in the initial ("pre-recrystallisation") state and conductors in which recrystallisation processes are practically completed, i.e. conductors, the value of bending force for which will differ by 2 and more times.

Keywords: fire, electrical wires, emergency mode, overload, overcurrents, bending force, wire firing tester, fire-technical expertise

For citation: Shekov, A. A., Dashko, L. V., Dyatlov, A. A. *Primenenie testera otzhiga provodov pri issledovanii plasticheskoy deformacii mednyh provodnikov, podvergshihysya tokovoj peregruzke* [Application of wire annealing tester in the study of plastic deformation of copper conductors subjected to current overloading]. *Kriminalistika: vchera, segodnya, zavtra* = *Forensics: yesterday, today, tomorrow*. 2024, vol. 29 no. 1, pp. 246–255 (in Russ.). DOI: 10.55001/2587-9820.2024.34.98.024

Введение

Значительное изменение вещной обстановки, повреждение или полное уничтожение следовой картины на месте происшествия, связанные с пожаром, обуславливают высокую трудоемкость и сложность расследования уголовных дел такой категории.

Традиционно при выдвижении и проверке версии о причине пожара органами предварительного следствия рассматриваются тепловые проявления электрического тока при аварийных режимах работы электрооборудования. Данная причина пожара, в соответствии со статистиче-

скими данными, занимает второе место после неосторожного обращения с огнем и составляет свыше 17 % от общего количества пожаров [1].

Наиболее распространенными объектами исследования, изымаемыми с мест происшествий, являются медные электрические проводники с признаками аварийного процесса в виде оплавлений в зонах их разрушений. Как правило, при обнаружении таких проводников возникает два основных вопроса: какова причина разрушения электрического проводника и при каких условиях окружающей среды произошло разрушение

проводника. Ответы на данные вопросы можно получить только при использовании специальных знаний в ходе производства судебной пожарно-технической экспертизы [см., напр., 2].

В научных работах по данному направлению не раз указывалось, что основными причинами разрушений медных электрических проводников являются механическое воздействие, внешнее тепловое воздействие, металлургический эффект (растворение тугоплавкого металла при попадании на него расплава более легкоплавкого металла), тепловые проявления аварийных режимов работы электрической сети, к которым относятся большое переходное сопротивление, металлические и неметаллические короткие замыкания, перегрузки по напряжению (перенапряжения) и току, а также искрение, вынос потенциала на металлоконструкции [напр., 3; 4]. Особую актуальность в условиях постоянного увеличения количества электропотребителей и их мощности приобретает исследование проводников, подвергшихся токовым перегрузкам. Идентификации таких проводников и методам их исследования с целью определения условий протекания аварийного процесса научным сообществом сегодня уделяется пристальное внимание [5–7].

Информацию о наличии или отсутствии признаков аварийного режима работы электросети и его виде можно, как правило, получить еще на этапе морфологического исследования электрических проводников в результате их визуального осмотра, а также с использованием методов световой и электронной микроскопии.

В учебной и научной литературе выделяют несколько признаков разрушения медного проводника вследствие теплового проявления электрического тока [8–10]:

- обугливание полимерной изоляции со стороны жилы проводника (при наличии сохранившихся участков);

- наличие на конце проводника оплавления, которое имеет четко выраженные границы и форму, характерную для оплавления, сформированного при воздействии электрической дуги короткого замыкания;

- наличие участков сплавления проволок многопроволочного проводника между собой;

- наличие локальных и протяженных участков увеличения или уменьшения сечения жилы проводника (утолщений и утончений) в результате плавления металла;

- наличие локальных шаровидных вздутий различного размера на поверхности жилы проводника (формируются при наличии изоляции во время протекания аварийного процесса);

- фрагментация жилы проводника при многократной перегрузке.

Необходимо отметить, что токовая перегрузка электрического проводника сопровождается его нагревом практически по всей длине прохождения тока. Возникающие при этом термические повреждения жилы по внешнему виду зачастую схожи с последствиями внешнего теплового воздействия, к которым также относятся протяженные зоны оплавления, изменения размера поперечного сечения проводника (рис. 1).



Рис. 1. Повреждения медного проводника в результате теплового действия токов перегрузки (сечение проводника 1,5 мм², кратность перегрузки 3,4)

Перегрев электрического проводника как при воздействии тока, так и тепла пожара неизбежно приводит к изменению механических свойств проводника.

Общеизвестным методом оценки степени термического повреждения медного проводника является механическое воздействие на него путем изгиба. При температуре отжига ниже 800–900°C проводник сохраняет пластичность, при температуре отжига выше 800–900°C он становится хрупким и после двух – трех изгибов ломается.

Приборное обеспечение оценки степени термического повреждения медных проводников определением усилия изгиба было разработано ФГУ ВНИИПО МЧС России в виде тестера отжига проводов [11].

В основе метода лежит способность холоднодеформированного металлического изделия восстанавливать пластичность в процессе нагрева в результате рекристаллизации. Определение степени рекристаллизации отдельных участков электрического проводника осуществляется методом определения величины усилия изгиба. С увеличением температуры нагрева степень рекристаллизации увеличивается, и соответственно, величина усилия изгиба при нагреве уменьшается.

Ю. Н. Елисеевым [12] в результате экспериментальных исследований было установлено, что при нагреве в

течение 15 минут от 200 до 600°C медный проводник может находиться в одном из трех состояний:

– дорекристаллизационное (исходное) состояние (сохраняется до 200–300°C);

– состояние, при котором протекает процесс рекристаллизации и наблюдается значительное увеличение пластичности металла (до 400°C);

– послерекристаллизационное состояние, когда при дальнейшем увеличении температуры пластичность металла практически не меняется.

Величина усилия изгиба в указанном интервале температур снижалась в 2,5 и 5 раз для проводников сечением 2,5 мм² и 1,5 мм² соответственно.

Очевидно, что при тепловом проявлении электрического тока в проводнике также будут протекать процессы рекристаллизации, сопровождающиеся изменением механических свойств металла. Данные процессы могут отличаться от процессов, протекающих в медном проводнике при тепловом воздействии пожара, и зависеть от кратности перегрузки.

На основании вышеизложенного целью данной работы является исследование процессов рекристаллизации в медном проводнике в результате действия электрического тока методом определения усилия изгиба.

Основная часть

Для моделирования перегрузки электрической сети использовался нагрузочный трансформатор электросварочного аппарата «BestWeld PR300». Медные одножильные однопроволочные проводники в поливинилхлоридной изоляции (сечение 1,5 мм², длина 300 мм), размещенные горизонтально на поверхности лабораторного стола, подвергались токовым нагрузкам в 65 А, 80 А, 150 А, 200 А и 300 А при нор-

мальных условиях окружающей среды. Кратность перегрузки составила 2,8; 3,5; 6,5; 8,7; 13 соответственно.

Для определения величины усилия изгиба использовался тестер отжига проводов ТОП-01-ЭП, состоящий из двух блоков – клещей и индикаторного устройства, с установленным в нем тензодатчиком (рис. 2).

Поверхность жил медных проводников перед измерением усилия изгиба очищалась от остатков карбонизированной полимерной изоляции.



Рис. 2. Тестер отжига проводов ТОП-01-ЭП

Измерение усилия изгиба проводилось с конца проводника в сторону оплавления, расстояние между участками измерений составляло 25 мм.

В результате исследования установлено, что для исходных проводников, которые не подвергались перегрузкам, величина усилия изгиба составляет 2,3–2,4 кг. Изменение усилия изгиба по длине проводника может быть обусловлено технологией получения медной проволоки.

Базовым способом производства проволоки является технологический процесс, включающий расплавление катодной меди, непрерывное литье заготовки, горячую прокатку с получением на выходе катанки диаметром 8 мм, сворачивание ее в бухту с дальнейшим волочением с промежуточным и окончательным отжигами. В зависимости от технологии воло-

чения проволока «может иметь отклонения формы поперечного сечения от круга и периодические колебания толщины по длине» [13]. Кроме того, в связи с наличием в исходном материале закиси меди получаемая продукция имеет дефекты в виде пор, неоднородное строение и, соответственно, неоднородное распределение твердости, о чем писали многие ученые [14; 15].

В результате исследования установлено, что для проводников, подвергнутых токовой перегрузке, величина усилия изгиба составляет от 0,6 до 1,16 кг, что в 2–6 раз меньше, чем для проводника, не подвергавшегося токовой перегрузке. Максимальное снижение усилия изгиба по длине проводника на 0,54 кг (с 1,16 до 0,64 кг) наблюдалось при кратности перегрузки 2,8, минимальное изменение

на 0,2 кг – при кратности перегрузки 3,5 и 8,7 (рис. 3). Для проводников характерно нелинейное изменение твердости и пластичности металла. С учетом экспериментальных данных, приведенных в работе С. В. Скодтаева [10], для проводников характерно

наличие участков, на которых процессы рекристаллизации еще не завершились, и участков, на которых медь находится в «послерекристаллизационном» состоянии.

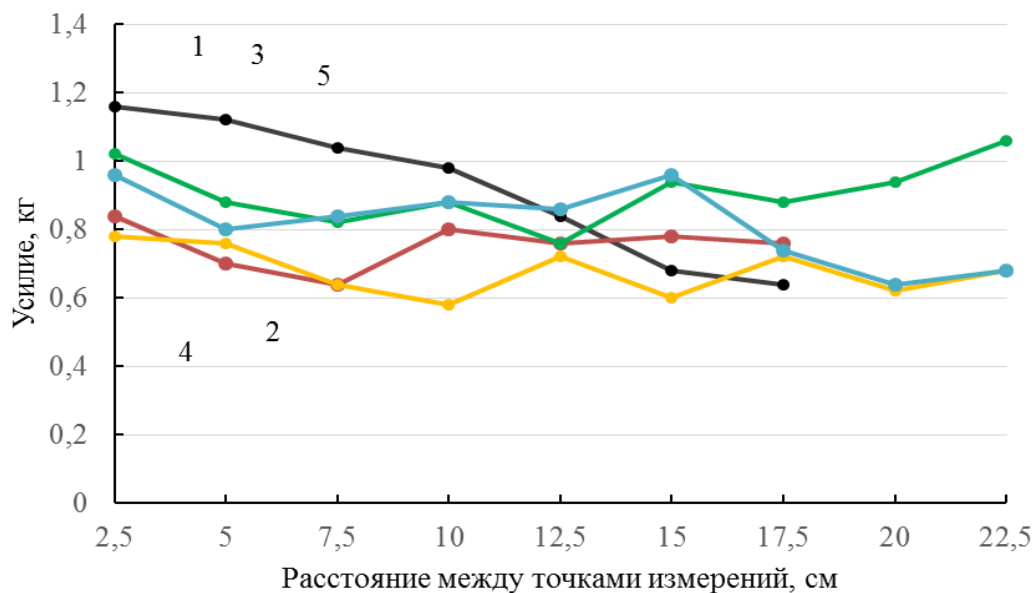


Рис. 3. Изменение усилия изгиба по длине проводника при кратности перегрузки 2,8 (1); 3,5 (2); 6,5 (3), 8,7 (4); 13 (5)

Токовая перегрузка приводит к перегреву проводников практически по всей трассе прохождения сверхтоков и, соответственно, к снижению величины усилия изгиба по всей длине проводника. Следовательно, при исследовании многожильных медных проводников в зонах пожара, где температура составляла менее 300°С, можно установить одновременное наличие жил, находящихся в «дорекристаллизационном» (или исходном) состоянии, и жил, в которых процессы рекристаллизации практически завершены. Наличие таких проводников, величина усилия изгиба для которых будет отличаться в 2–6 раз, будет свидетельствовать о протекании тепловых аварийных процессов в электрической сети.

Выводы и заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований процессов рекристаллизации в медных

проводниках, подвергнутых токовым перегрузкам, методом определения усилия изгиба установлено:

- для проводников, подвергнутых токовой перегрузке кратностью от 2,8 до 13, величина усилия изгиба составляет от 0,6 до 1,16 кг, что в 2–6 раз меньше, чем для проводника, не подвергавшегося токовой перегрузке (2,3–2,4 кг);

- для проводников, подвергнутых токовым перегрузкам, характерно наличие участков, на которых процессы рекристаллизации еще не завершились, и участков, на которых медь находится в «послерекристаллизационном» состоянии.

Предложено применение тестера отжига проводов ТОП-01-ЭП для определения на месте пожара медных проводников, подвергшихся токовой перегрузке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чечетина, Т. А., Сибирко, В. И., Гончаренко, В. С., Загуменнова, М. В. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2022 году // Пожарная безопасность : науч.-техн. журн. 2023. № 1 (110). С. 92–109.
2. Ключников, В. Ю., Пеньков, В. В., Довбня, А. В., Богатищев, А. И., Шульгин, С. О. Определение причин разрушения медных проводников, изымаемых с мест пожаров // Типовые экспертные методики исследования вещественных доказательств. Ч. II / под ред. А. Ю. Семёнова; общ. ред. канд. техн. наук В. В. Мартынова. М. : ЭКЦ МВД России, 2012. 800 с.
3. Лебедев, К. Б., Мокряк, А. Ю., Чешко, И. Д. Экспертное исследование после пожара контактных узлов электрооборудования в целях выявления признаков больших переходных сопротивлений : метод. рекомендации. М. : ВНИИПО, 2008. 60 с.
4. Руденко, М. Б., Беляк, А. Л. Экспертная оценка пожароопасного проявления аварийных режимов электросети автотранспортных средств // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра : сб. науч. тр. 2018. № 4 (8). С. 154–159.
5. Мокряк, А. Ю., Пеньков, В. В., Чешко, И. Д., Шульгин, С. О., Парийская, А. Ю., Колмаков, А. И. Экспертное исследование оплавлений медных проводников, изымаемых с места пожара. М. : ЭКЦ МВД России, 2016. 80 с.
6. Кузнецов, К. Л., Шеков, А. А. Влияние токов перегрузки на формирование структуры металла в зонах разрушений медных проводников // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России : науч.-практ. журн. 2016. № 1 (76). С. 97–105.
7. Мокряк, А. Ю. Установление природы оплавлений медных проводников и латунных токоведущих изделий при экспертизе пожаров на объектах энергетики : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М. : Академия ГПС МЧС России, 2018. 24 с.
8. Мокряк, А. Ю., Чешко, И. Д., Пеньков, В. В. Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере : науч.-аналит. журн. 2014. № 4 (32). С. 41–49.
9. Дашко, Л. В., Синюк, В. Д., Пеньков, В. В., Довбня, А. В. Автотранспортные средства как объект пожарно-технической экспертизы : учеб. пособие / под ред. канд. хим. наук Л. В. Дашко. М. : ЭКЦ МВД России, 2022. 152 с.
10. Скодтаев, С. В. Механизм и морфологические признаки аварийных пожароопасных процессов в электросетях автомобилей : дис. ... канд. техн. наук. СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2019. 144 с.
11. Способ определения степени термического поражения : Пат. 2342965 Рос. Федерация. № 2006133276/12; заявл. 18.09.2006; опубл. 10.01.2009, Бюл. 1. 6 с.
12. Елисеев, Ю. Н. Исследование кабельных изделий на месте пожара с помощью тестера отжига проводов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы : сб. ст. 2015. Т. 2. № 1 (6). С. 308–311.

13. Пащенко, К. Г., Бахматов, Ю. Ф., Кальченко, А. А., Рузанов, В. В., Михайлицын, С. В., Ярославцев, А. В., Ярославцева, К. К., Терентьев, Д. В., Шекшеев, М. А., Тютяряков, Н. Ш., Шашкин, Д. А. Геометрические характеристики проволоки после совмещенного процесса бесфильтрного волочения и очистки поверхности // Успехи современного естествознания : науч. журн. 2014. № 12. С. 421–424.

14. Логинов, Ю. Н., Илларионов, А. Г., Демаков, С. Л., Иванова, М. А., Мысик, Р. К., Зуев, А. Ю. Неоднородность структуры непрерывнолитой меди // Литейщик России : ежемес. науч.-техн. журн. 2011. № 11. С. 28–32.

15. Логинов, Ю. Н., Демаков, С. Л., Илларионов, А. Г., Иванова, М. А., Карабаналов, М. С. Возникновение пористых структур в кислородсодержащей меди при деформационном воздействии // Физическая мезомеханика : науч. журн. 2013. Т. 16. № 6. С. 99–102.

REFERENCES

1. Chechetina, T. A., Sibirko, V. I., Goncharenko, V. S., Zagumennova, M. V. Obstanovka s pozharami v Rossijskoj Federacii v 2022 godu { Fire situation in the Russian Federation in 2022}. Pozharnaya bezopasnost' – Fire safety. 2023, no. 1(110), pp. 92–109. (in Russian).

2. Klyuchnikov, V. Yu., Pen'kov, V. V., Dovbnya, A. V., Bogatishchev, A. I., Shul'gin, S. O. Opredelenie prichin razrusheniya mednyh provodnikov, izyamaemyh s mest pozharov [Determination of the causes of destruction of copper conductors removed from fire sites]. Tipovye ekspertnye metodiki issledovaniya veshchestvennyh dokazatel'stv. CH. II. Pod red. A.YU. Semyonova. Obshchaya redakciya kand. tekhn. nauk V. V. Martynova – Typical expert methods for studying material evidence. Part II. Ed. A.Yu. Semenov. General edition of Ph.D. tech. Sciences V. V. Martynov. – M.: ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2012. 800 p. (in Russian).

3. Lebedev, K. B., Mokryak, A. Yu., Cheshko, I. D. Ekspertnoe issledovanie posle pozhara kontaktnykh uzlov elektrooborudovaniya v celyah vyyavleniya priznakov bol'shikh perekhodnykh soprotivlenij: Metodicheskie rekomendacii [Expert study after a fire of contact units of electrical equipment in order to identify signs of high transient resistances: Methodological recommendations]. Moscow, VNIPO, 2008. 60 p. (in Russian).

4. Rudenko, M. B., Belyak, A. L. Ekspertnaya ocenka pozharoopasnogo proyavleniya avarijnyh rezhimov elektroseti avtotransportnyh sredstv [Expert assessment of fire hazardous manifestations of emergency modes of the electrical network of vehicles]. Kriminalistika: vchera, segodnya, zavtra – Forensics: yesterday, today, tomorrow. 2018, no. 4 (8), pp. 154–159. (in Russian).

5. Mokryak, A. Yu., Pen'kov, V. V., Cheshko, I. D., Shul'gin, S. O., Parijskaya, A. Yu., Kolmakov, A. I. Ekspertnoe issledovanie oplavlenij mednyh provodnikov, izyamaemyh s mesta pozhara [Expert study of melting of copper conductors removed from the fire site]. Moscow, ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2016. 80 p. (in Russian).

6. Kuznecov, K. L., Shekov, A. A. Vliyanie tokov peregruzki na formirovanie struktury metalla v zonah razrushenij mednyh provodnikov [The influence of overload currents on the formation of the metal structure in zones of destruction of copper conductors]. Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii – Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2016, no. 1 (76), pp. 97–105. (in Russian).

7. *Mokryak, A. Yu.* Ustanovlenie prirody oplavlenij mednyh provodnikov i latunnyh tokovedushchih izdelij pri ekspertize pozharov na ob'ektah energetiki: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk [Establishing the nature of melting of copper conductors and brass current-carrying products during the examination of fires at energy facilities. Abstract of the dis. ... candidate of technical sciences]. Moscow, Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018. 24 p. (in Russian).

8. *Mokryak, A. Yu., Cheshko, I. D., Pen'kov, V. V.* Morfologicheskij analiz mednyh provodnikov, podvergshih'sya vozdeystviyu tokovoj peregruzki, pri ekspertize pozharov [Morphological analysis of copper conductors exposed to current overload during fire examination]. Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere – Problems of risk management in the technosphere. 2014, no. 4 (32), pp. 41-49. (in Russian).

9. *Dashko, L. V., Sinyuk, V. D., Pen'kov, V. V., Dovbnya, A. V.* Avtotransportnye sredstva kak ob'ekt pozharo-tekhnicheskoy ekspertizy: Uchebnoe posobie [Motor vehicles as an object of fire-technical examination: Textbook]. Ed. Ph.D. chem. Science L.V. Dashko. Moscow, ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2022. 152 p. (in Russian).

10. *Skodtaev, S. V.* Mekhanizm i morfologicheskie priznaki avariynih pozharoopasnyh processov v elektrosetyah avtomobilej: dis. ... kand. tekhn. nauk [Mechanism and morphological signs of emergency fire-hazardous processes in the electrical networks of cars. Dis. ... candidate of technical sciences]. St. Petersburg, SPbU State Fire Service EMERCOM of Russia, 2019. 144 p. (in Russian).

11. Sposob opredeleniya stepeni termicheskogo porazheniya [Method for determining the degree of thermal damage]: Pat. 2342965 Russian Federation. No. 2006133276/12; application 09/18/2006; publ. 01/10/2009, Bulletin. 1. 6 p. (in Russian).

12. *Eliseev, Yu. N.* Issledovanie kabel'nyh izdelij na meste pozhara s pomoshch'yu testera otzhiga provodov [Study of cable products at the site of a fire using a wire annealing tester]. Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy – Fire safety: problems and prospects. 2015, vol. 2, no. 1 (6), pp. 308–311. (in Russian).

13. *Pashchenko, K. G., Bahmatov, Yu. F., Kal'chenko, A. A., Ruzanov, V. V., Mihajlicyn, S. V., Yaroslavcev, A. V., Yaroslavceva, K. K., Terent'ev, D. V., Sheksheev, M. A., Tyuteryakov, N. Sh., Shashkin, D. A.* Geometricheskie harakteristiki provoloki posle sovmeshchennogo processa besfil'ernogo volocheniya i ochistki poverhnosti [Geometric characteristics of wire after the combined process of dieless drawing and surface cleaning]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya – Advances in modern natural science. 2014, no. 12, pp. 421–424. (in Russian).

14. *Loginov, Yu. N., Illarionov, A. G., Demakov, S. L., Ivanova, M. A., Mysik, R. K., Zuev, A. Yu.* Neodnorodnost' struktury nepreryvno litoy medi [Heterogeneity of the structure of continuously cast copper]. Litejshchik Rossii – Russian foundry worker. 2011, no. 11, pp. 28–32. (in Russian).

15. *Loginov, Yu. N., Demakov, S. L., Illarionov, A. G., Ivanova, M. A., Karabanalov, M. S.* Vozniknovenie poristyh struktur v kislorodsoderzhashchej medi pri deformatsionnom vozdeystvii [Emergence of porous structures in oxygen-containing copper under deformation]. Fizicheskaya mezomekhanika – Physical mesomechanics. 2013, vol. 16, no. 6, pp. 99–102. (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шеков Анатолий Александрович, кандидат химических наук, доцент, начальник кафедры судебно-экспертной деятельности. Восточно-Сибирский институт МВД России. 664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 110.

Дашко Леонид Васильевич, кандидат химических наук, начальник отдела научных исследований по специальным видам экспертиз и экспертно-криминалистического обеспечения противодействия наркопреступности управления научных исследований. Экспертно-криминалистический центр Министерства внутренних дел Российской Федерации. 125130, Российская Федерация, г. Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, 5.

Дятлов Алексей Александрович, старший эксперт сектора судебных экспертиз. ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Иркутской области». 664019, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Сарафановская, 17.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anatoly A. Shekov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forensic Activity. East Siberian Institute of the MIA of the Russia, 110, st. Lermontov, Irkutsk, Russia, 664074.

Leonid V. Dashko, Candidate of Chemical Sciences, Head of the Department of Scientific Research on Special Types of Expertise and Forensic Support for Combating Drug Crime of the Department of Scientific Research. Forensic Expert Center of the MIA of the Russian Federation. 5, st. Zoya and Alexander Kosmodemyansky, Moscow, Russia, 125130.

Alexey A. Dyatlov, senior expert of the forensic department. FSBI "Forensic expert institution of the federal fire service "Fire Test Laboratory" in the Irkutsk region." 17, st. Sarafanovskaya, Irkutsk, Russia, 664019.