



УДК 656.13;614.84

**Недобитков Александр Игнатьевич**

кандидат технических наук, Казахский гуманитарно-юридический инновационный университет, г. Семей  
e-mail: a.nedobitkov@mail.ru

**ПРИЗНАКИ ТОКОВОЙ ПЕРЕГРУЗКИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКА**

*Ғимараттарда, көлік құралдарында болатын өрттер өте ауыр оқиғаларға жататындығы көрсетілді, сондықтан олардың өртке қауіпсіздігін жетілдіру мәселесі өте маңызды. Алюминий сымдар тұрғын нысандарының құрылысында және автокөлік өнеркәсібінде кең ауқымда қолданылып отырғандығына деректер келтірілді. Құрамында алюминий сымы бар электр тізбегіндегі тоқтың шектен тыс жүктемесі барысында мыс өткізгіштерге тән ірі және ұсақ ісінулер, қалыңдау, жұқару, бетінің балқуы сияқты іздердің пайда болатындығы эксперимент жүзінде сипатталды. Асқын тоқтың алюминий өткізгіш бойымен жүруі нәтижесінде туындайтын іздерге морфологиялық талдау жүргізілді.*

*Тоқтың шектен тыс жүктемесінің әсеріне ұшыраған алюминий көп сымды өткізгіштерінің үлгілері JSM-6390LV растрлық электронды микроскоппен жүргізілген зерттеу нәтижелері келтірілген. Тоқтың шектен тыс жүктемесінің әсеріне ұшыраған алюминий көп сымды өткізгіштерінің қорытпалары беттерінің кескіндері берілген. Растрлық микроскопия әдісімен алюминий өткізгіштерінің өртенуі (жоғары температура әсері, қысқа тұйықталу, тоқтың шектен тыс жүктемесі) барысында зақымдану себебін сәйкестендіруге мүмкіндік беретін сипатты диагностикалық белгілері анықталды.*

*Анықталған белгілер тұрақты болып табылатындығы және өрт орнынан алынған электр сымы үлгілерін табиғи сақтау шарттарында өзгерістерге ұшырамайтындығы анықталды.*

***Түйін сөздер** соттың өрт-техникалық сараптамасы, тоқтың шектен тыс жүктемесі, морфологиялық талдау, қорытпалар, микроіздер, алюминий, электр сымы.*

*Показано, что пожары в зданиях, на транспортных средствах относятся к особо тяжелым происшествиям, поэтому проблема повышения их пожарной безопасности очень актуальна. Приведены данные, что алюминиевые провода нашли широкое применение при строительстве жилых объектов и имеют перспективы применения в автомобильной промышленности. Экспериментально проиллюстрировано, что при токовой перегрузке в электрической цепи, содержащей алюминиевый провод, происходит образование таких следов, как крупные и мелкие вздутия, утолщения, утончения, поверхностные оплавления, характерные для медных проводников. Проведен морфологический анализ следов, возникающих в результате протекания по алюминиевому проводнику сверхтока.*

*Приведены результаты исследования на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV образцов алюминиевых многопроволочных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки. Даны снимки поверхностей оплавления алюминиевых многопроволочных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки. Установлены характерные диагностические признаки, позволяющие методом растровой микроскопии идентифицировать причину повреждения при пожаре (высокотемпературное воздействие, короткое замыкание, токовая перегрузка) алюминиевого проводника.*

*Установлено, что выявленные признаки являются устойчивыми и не подвержены изменениям в естественных условиях хранения образцов электропроводки, изъятых с места пожара.*

***Ключевые слова:** судебная пожарно-техническая экспертиза, токовая перегрузка, морфологический анализ, оплавления, микроследы, алюминий, электропроводка.*

*It has been proven that fires in buildings and fires of motor vehicles refer to very severe accidents. Therefore, a problem of improvement of their fire safety is of great importance. There are data evidencing that aluminum wires are widely used in construction of residential buildings and have prospects of usage in the motor vehicle industry. It has been experimentally instantiated that current overload in an electric circuit containing an aluminum wire causes formation of such traces as major and small bubbles, thickening, thinning, surface melting, which typically occur with copper conductors. A morphologic analysis of traces occurring in the result of overcurrent flow through the aluminum conductor has been carried out.*

*There is information given in the paper, which covers results of researches of samples of aluminum multiwire conductors exposed to current overload, which were conducted with the use of JSM-6390LV focused-beam electronic microscope. The paper contains pictures of melting surfaces of aluminum multiwire conductors exposed to current overload. Specific diagnostic markers have been identified, which allow using the raster microscopy method to identify a cause of the aluminum conductor failure occurred due to fire (high-temperature effect, short circuit, current overload).*

*It has been determined that identified signs are persistent and are not exposed to changes under natural conditions of storage of samples of electric wiring taken from the fire location.*

**Keywords:** forensic fire and technical investigation, current overload, morphologic analysis, melting, ultratrace, aluminum, electric wiring.

Пожары причиняют значительный материальный ущерб, в частности уничтожают или повреждают имущество, а также приводят к гибели и ранению людей. Ущерб от пожаров в промышленно развитых странах превышает 1 % национального дохода и имеет тенденцию к постоянному росту. Согласно общедоступным статистическим данным, более 25 % пожаров возникают по причине аварийного режима работы электрооборудования.

Как показано в работах [1,2], при установлении причины пожара исследованию электропроводки на предмет наличия следов протекания аварийных процессов традиционно уделяется особое внимание. Это связано с её потенциальной пожарной опасностью, обусловленной сочетанием в кабельно-проводниковых изделиях горючей среды (электроизоляция, оболочки кабелей и т.п.) и источников зажигания (искры, дуги, нагретые электрическим током детали и т.п.), появляющихся при работе электрооборудования в аварийных режимах [1,2]. Для выявления признаков пожароопасного аварийного режима работы электросети эксперту необходимо определить природу имеющихся на токоведущих жилах повреждений, в частности, отличить результат протекания аварийного процесса в электросети от последствий внешнего термического воздействия [1,2,3].

Необходимо напомнить, что в 19 веке алюминий стоил дороже золота и из него даже изготавливали ювелирные украшения. Развитие авиационной промышленности стимулировало поиск новых способов производства алюминия, в результате к середине 19 века он стал достаточно дешевым материалом, значительно

дешевле меди. Поскольку алюминий обладает высокой электропроводностью, из него стали выпускать провода. А, начиная с 60-х годов 20 века, в СССР и ряде других стран в зданиях стали делать проводку из алюминия. К сожалению, опыт эксплуатации алюминиевой проводки обнаружил множество проблем, связанных с данным материалом. Алюминиевые провода хрупкие, легко покрываются оксидной пленкой, не проводящей ток, что усложняет их соединение. Кроме этого, алюминий обладает текучестью, в результате клеммы приходится периодически подтягивать. Поэтому в 2003 году в ПУЭ были внесены изменения, запрещающие использовать алюминиевые провода с площадью сечения менее 16 мм<sup>2</sup> во внутренней проводке вновь строящихся зданий. Но у алюминиевых проводов есть такие преимущества как легкость и дешевизна. Поэтому ученые стали искать способы, как избавиться от недостатков. Важным аспектом возврата интереса к алюминиевым проводам стала автомобильная промышленность. Забота о снижении выбросов вредных веществ в атмосферу заставляет производителей искать способы уменьшения массы автомобилей. Один из них — использование алюминиевой проводки.

По мнению автора [4], экспертиза пожаров основана на комплексе специальных знаний, необходимых для исследования места пожара, отдельных конструкций, материалов, изделий и их обгоревших остатков в целях получения информации, необходимой для установления очага пожара, его причины, путей распространения горения, природы обгоревших остатков, а также для решения некоторых

других задач, возникающих в ходе анализа причин, вызвавших пожар.

Следует указать, что подавляющее число выводов судебных экспертов относительно технических причин возникновения пожаров на автотранспорте носит предположительный (вероятностный) характер, что не позволяет разрабатывать и внедрять конкретные инженерные решения [5]. Это можно объяснить многими причинами, в том числе отсутствием современных научно обоснованных методик, что косвенно подтверждают И.Д.Чешко и Г.И.Смелков в работе [6], указывая на необходимость совершенствования существующих методик.

В настоящей статье рассматриваются фактические примеры исследования оплавлений алюминиевых многопроволочных проводников, подвергнутых токовой перегрузке.

Исследования проводились в Региональной университетской лаборатории

инженерного профиля «ИРГЕТАС» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева с использованием растрового электронного микроскопа JSM-6390LV с приставкой энергодисперсионного микроанализа. Поверхности разрушения алюминиевых проводников подвергались анализу без предварительной пробоподготовки.

Результаты эксперимента по имитации токовой перегрузки приведены на рис.1.

Как следует из рисунка 1 имеют место характерные признаки токовой перегрузки, установленные в работах [1,2], а именно:

– вздутие – локальное округлое образование на поверхности проводника, как правило, полое внутри, образующееся в результате вытеснения расплавленного металла проводника над его поверхностью, вследствие протекания сверхтока;

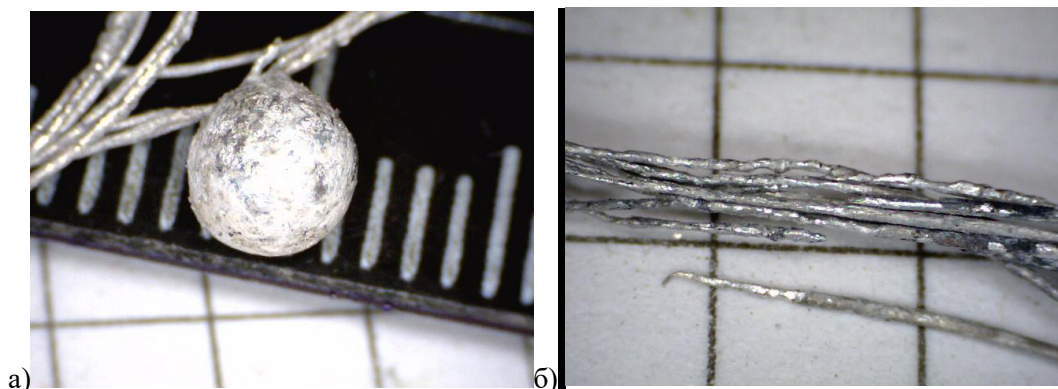


Рисунок 1- Результаты эксперимента, а-шаровое вздутие, б-состояние проволочек (утолщения, утончения).

– утолщение – увеличение поперечного размера проводника вследствие плавления металла, образующееся в результате протекания сверхтока;

– утончение (шейка) – локальное уменьшение поперечного размера проводника вследствие плавления металла, образующееся в результате протекания сверхтока;

– поверхностное оплавление – протяженное оплавление поверхностного слоя проводника при сохранении его формы и диаметра.

Перечисленные признаки имеют важное криминалистическое значение, поскольку позволяют идентифицировать причину разрушения алюминиевого проводника, изъятого с места пожара.

При исследовании алюминиевого проводника при помощи растрового электронного микроскопа установлено, что отдельные проволочки подверглись разрушению, а на некоторых имеются повреждения в виде лунок (см. рис.2).

Следует отметить, что в работах [1,2] указывается на разрушение медных проводников при токовой перегрузке, а работе [7] наглядно продемонстрировано, что образование лунок является характерным признаком токовой перегрузки.

На рисунке 3 и в таблице 1 приведены результаты исследования лунки, образовавшейся на поверхности алюминиевого проволочки при протекании сверхтока.

Таким образом, доказано, что в результате протекания сверхтока по алюминиевому

проводнику происходит образование аналогичных признаков, описанных в работах [1,2,7].

Показано, что растровую микроскопию можно использовать при исследовании

оплавленных алюминиевых проводников не только в качестве вспомогательного метода, но в ряде случаев и в качестве основного.

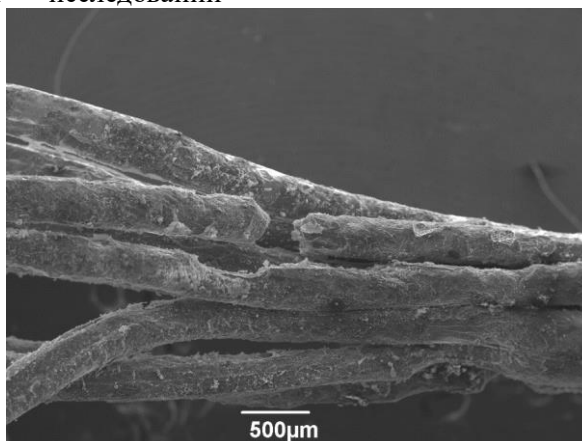


Рисунок 2- Состояние проволочек алюминиевого проводника, подвергшегося токовой перегрузке, увеличение 30<sup>x</sup>.

Таблица 1- Результаты микроанализа участка, приведенного на рис. 3

Номер точки измерения	Химический элемент, % масс.			
	O	Si	Al	Итого
Спектр 1	26.93	0.77	72.30	100
Спектр	15.38		84.62	100
Спектр 3	13.58		86.42	100
Спектр 4	3.92		96.08	100
Спектр 5	9.66		90.34	100

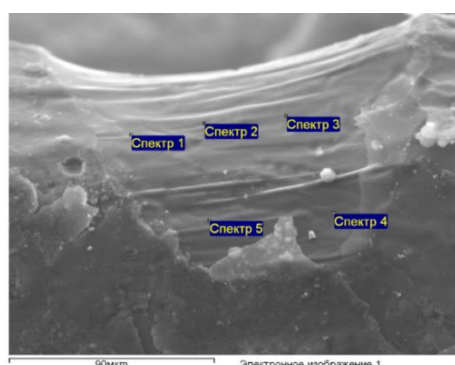


Рисунок 3 – Точки микроанализа на поверхности лунки алюминиевого проводника, подвергнутого токовой перегрузке.

Настоящим исследованием установлено, что признаки, выявленные на поверхностях разрушения алюминиевых многопроволочных проводников, подвергнутых токовой перегрузке являются устойчивыми и не подвержены изменениям в естественных условиях хранения (без умышленного уничтожения признаков).

Полученные результаты могут быть использованы при экспертном исследовании многопроволочных алюминиевых проводников, изымаемых с мест пожаров, установлении механизма их повреждения и, в конечном счете, причины пожара. В свою очередь, знание технической причины пожара даст возможность разработать профилактические мероприятия и

технические решения, направленные на ее устранение.

#### Список использованной литературы

1. Чешко И.Д., Мокряк А.Ю., Скодтаев С.В. Механизм формирования следов протекания сверхтоков по медному проводнику // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 1. – С. 41 – 46.
2. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д. Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 41–49
3. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах. М.: Энергоатомиздат, 1984. 184 с.
4. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования) — 2-е изд., стереотип. – СПб. : СПб ИПБ МВД РФ, 1997. — 562 с.
5. Судебная экспертиза: типичные ошибки / Под. ред. Е. Р. Россинской. — М. : Проспект, 2014. — 544 с.
6. Смелков Г.И. Чешко Д.И. Плотников В.Г. Экспериментальное моделирование пожароопасных аварийных режимов в электрических проводах // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.-2017.- №3.-с.121-128
7. Недобитков А. И. Фрактография изломов медных проводников автомобильной электрической цепи // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. —Т.25, № 2. — С. 21–27. DOI 10.18322/PVB.2016.25.02.21-27.

#### **Недобитков Александр Игнатьевич**

**Лауазымы:** техника ғылымдарының кандидаты, информатика және математика кафедрасының доценті, Қазақ инновациялық гуманитарлық-заң университеті, Семей қ.

**Пошталық мекен-жайы:** 070000, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Ленин көшесі 11

**Ұялы. тел:** +7 777 283 35 45

**Алюминий өткізгіш тоғының шектен тыс жүктемесінің белгілері**

#### **Недобитков Александр Игнатьевич**

**Должность:** кандидат технических наук, доцент кафедры информатика и математика, Казахский гуманитарно-юридический инновационный университет, г.Семей

**Почтовый адрес:** 070000, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Ленина 11

**сот. тел:** +7 777 283 35 45

**Признаки токовой перегрузки алюминиевого проводника**

#### **Nedobitkov Alexander Ignatievich**

**Position:** Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the department of Informatics and Mathematics, Kazakh Humanitarian Juridical Innovative University, Semey city

**Mailing address:** 070000, Republic of Kazakhstan, Semey, Lenin St. 11

**Mob.phone:** +7 777 283 35 45

**Signs of current overload of an aluminum conductor**