

та умови виникнення й поширення дії небезпечного та шкідливого чинників у технологічному процесі, які встановлюються в процесі вивчення матеріалів справи й наданих об'єктів на основі спеціальних науково-технічних знань.

9. Дослідження обставин і причин виникнення небезпек, пов'язаних із транспортними засобами (інженерно-транспортні експертизи). Цей напрямок досліджень підлягає конкретній систематизації щодо специфіки експертних знань у галузях, пов'язаних з використанням транспортних засобів: автомобільного, залізничного, технологічного й іншого виробничого транспорту, а також інших їхніх видів. Дослідження такого роду (найчастіше у вигляді комплексної експертизи) проводяться експертами зі спеціалізаціями, що стосуються виявів небезпечних чинників у життєдіяльності (спеціальності 10.5, 10.8, 10.18) і різних транспортних подій (спеціальності 10.1 Дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди, 10.11 Дослідження обставин залізничної транспортної події й можливих інших видів подій).

Далеко неповні статистичні дані щодо досліджень подій, пов'язаних з аварійними ситуаціями, свідчать не про їхню нечисленність, а навпаки, про ще недостатній рівень розслідування й експертного забезпечення цієї категорії справ. Малоінформативність працівників правоохоронних органів і суддів з цього виду експертних досліджень та істотний недолік методичних розробок перешкоджають проведенню ефективних заходів щодо розслідування й попередження порушень вимог безпеки в різних сферах життєдіяльності. Одним зі шляхів розв'язання цієї проблеми є створення самостійних лабораторій у судово-експертних установах, фахівці яких виконували б науково-методичні розробки в цьому напрямку та застосовували їх в експертній практиці.

Ю. П. Черничук, заступник начальника
государственного учреждения «Судебно-экспертный центр федеральной противопожарной службы по городу Москве»

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОПРОВОДКЕ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Розглянуто проблему відбору зразків для дослідження оплавлень на жилах електропроводників, оскільки їхня зовнішня форма може бути практично однаковою для різних аварійних режимів і при тепловій дії пожежі. Наведено відомості, які характеризують одну з відмінних особливостей короткого замикання (на прикладі мідної жили) – електродинамічний

«мікровибух» рідкої перемички та миттєвий викид її у вигляді найдрібніших частинок металу в навколишнє середовище. Сформульовано експертне завдання, викладено принцип його вирішення за допомогою мікрофокусної рентгенографії, перелічено можливі об'єкти дослідження й необхідне обладнання. Наведено загальний підхід до оцінювання результатів дослідження. Викладено межі застосування цього способу діагностики.

Рассмотрена проблема отбора образцов для исследования оплавлений на жилах электропроводов, поскольку их внешняя форма может быть практически одинаковой для разных аварийных режимов и при тепловом воздействии пожара. Приведены сведения, которые характеризуют одну из отличительных особенностей короткого замыкания – электродинамический «микровзрыв» жидкой перемычки и мгновенный выброс ее в виде мельчайших частиц металла в окружающую среду. Сформулирована экспертная задача, изложен принцип ее решения с помощью микрофокусной рентгенографии, перечислены возможные объекты исследования и необходимое оборудование. Приведен общий подход к оценке результатов исследования. Изложены пределы применения этого способа диагностики.

Известно, что в электросистеме автотранспортного средства (АТС) могут возникать аварийные пожароопасные режимы¹. При исследовании пожаров и судебной экспертизе зачастую рассматриваются вопросы, касающиеся причастности к источнику зажигания тепловых проявлений короткого замыкания (КЗ), токовых перегрузок (ТП) и локального нагрева в местах, где возникают большие переходные сопротивления (БПС). Задача непростая, поскольку по внешним признакам оплавления токопроводящих жил электропроводов АТС от различных факторов электрической природы могут быть подобными по форме, а причины разными. Как свидетельствуют исследования, оплавления жил могут образоваться и от теплового воздействия пожара².

В связи с этим существует проблема надлежащего отбора образцов для проведения лабораторного исследования в соответствии с Методическими рекомендациями³, так как основным критерием их отбора являются именно внешние признаки. В частности, оплавления, характеризующие КЗ, отличаются от других визуально по их локальности и форме. При иных внешних признаках оплавления на жилах чаще причисляются к последствиям внешнего теплового воздействия или являются следствием ТП, БПС и др.

¹ См.: Пожар в автомобиле: как установить причину? : практ. пособ. / [Н. М. Булочников, С. И. Зернов, А. А. Становенко, Ю. П. Черничук] ; под науч. ред. С. И. Зернова. — М. : ООО «НПО «Флогистон», 2006. — 224 с. : ил.

² См.: Богатищев А. И. Комплексные исследования пожароопасных режимов в сетях электрооборудования автотранспортных средств : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.10 / Богатищев Александр Иванович. — М., 2002. — 269 с.

³ См.: Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия / [Л. С. Митричев, А. И. Колмаков, Б. В. Степанов и др.]. — М. : ВНИИ МВД СССР, 1986. — 43 с.

Многолетняя практика автора по исследованию пожаров в АТС свидетельствует о том, что такой подход к отбору образцов приводит к ошибкам и влечет за собой утерю криминалистически значимой информации с образцами, которые по внешним признакам «выбракованы» как объекты для дальнейшего исследования инструментальными методами. Эту проблему удалось частично решить с помощью микрофокусной рентгенографии. Для этого были использованы технические новинки рентгеновской техники и методы применения микрофокусной рентгенографии в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии¹.

Экспертную задачу можно сформулировать таким образом: выявление признаков КЗ в электропроводке АТС. Принцип решения этой задачи заключается в следующем. Из научно-технических источников известно, что вследствие соприкосновения разнополярных токопроводящих жил, находящихся под напряжением, возникает КЗ. При этом в точке касания происходят их мгновенный локальный нагрев, расплавление и электродинамический «микровзрыв» образовавшейся жидкой перемычки металла. Эта перемычка мгновенно разбрасывается в окружающую среду в различные стороны в виде мельчайших накалившихся частичек (искр), например меди (диаметром порядка 0,10–0,01 мм). При попадании на препятствия в виде твердых тел искры отскакивают от их поверхности либо внедряются в массу в зависимости от условий тепломассообмена. В функциональных отсеках АТС на пути движения искр КЗ ближайшим препятствием является изоляция жил. Особенно ее много в жгутах проводников. В современных АТС жгуты чаще всего укладываются в специальные защитные гофрированные пластмассовые рукава. Трассировка проводов и жгутов достаточно плотная. Следовательно, рядом с любым проводником по всей его длине всегда находятся корпусные и другие детали систем АТС, которые могут послужить препятствием для полета (движения) частичек металла. В этом случае накалившиеся частички металла (искры) внедряются в изоляцию либо в другие конструкционные материалы из пластмасс, резины, волокон и др., расположенные близко к месту КЗ.

¹ См.: Потрахов Н. Н. Исследование и разработка методов микрофокусной рентгенографии в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии : дис. ... докт. техн. наук : 05.11.10 / Потрахов Николай Николаевич — М., 2008. — 166 с.; Моноблок источника рентгеновского излучения / авторы: Потрахов Н. Н. (RU), Мухин В. М. (RU) / патенто-обладатель: Гос. образов. учреждение высш. проф. образования «Санкт-Петербургский гос. электротехнич. ун-т». — RU № 2278440 C1 ; заяв. 2005111813/09 ; опубл. 20.06.2006, Бюл. № 17; Способ получения рентгеновских снимков при рентгенологических исследованиях / авторы: Потрахов Н. Н. (RU), Мухин В. М. (RU) / патентообладатель: Гос. образов. учреждение высш. проф. образования «Санкт-Петербургский гос. электротехнич. ун-т». — RU № 2284148 C1 ; заяв. 2005114854/14 ; опубл. 27.09.2006, Бюл. № 27.

В АТС для изготовления изоляции жил используют поливинилхлоридный пластикат, а для различного рода корпусных деталей – полистирол, резину и др., которые являются аморфными веществами¹. Отсутствие у этих материалов кристаллической решетки делает их практически прозрачными для рентгеновских лучей; степень их ослабления в основном зависит от линейного коэффициента поглощения вещества и, следовательно, определяется толщиной объекта.

В электросистеме АТС жилы электропроводов медные многопроволочные. Медь является кристаллическим веществом и рентгеновское излучение, попадая на плоскости кристаллической решетки, отражается от них, поэтому медь для рентгеновских лучей является непреодолимым препятствием. Следовательно, микрочастицы меди, находящиеся в структуре резины, а также поливинилхлорида, полистирола и других пластикатов, являются дефектом их структуры (рис. 1).

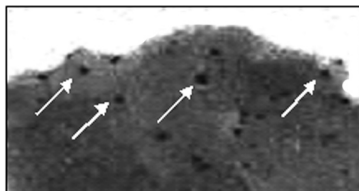


Рис. 1. Рентгеновский снимок изоляции с включениями множества частиц меди

Объектами исследования АТС являются:

- изоляция электропроводов в месте обнаружения оплавлений жил;
- остатки обугленной изоляции электропроводов в месте обнаружения оплавлений жил;
- пластмассовые защитные короба, шланги, гофрированные рукава и другие изделия из пластмасс, которые расположены в непосредственной близости к месту обнаружения оплавлений жил электропроводов;
- пластмассовые корпусные детали устройств и агрегатов АТС, которые расположены в непосредственной близости к месту обнаружения оплавлений жил электропроводов;
- резиновые детали, которые расположены в непосредственной близости к месту обнаружения оплавлений жил электропроводов.

Для решения задачи используется следующее специальное оборудование:

¹ См.: Кацнельсон М. Ю. Полимерные материалы. Свойства и применение : справочник / М. Ю. Кацнельсон, Г. А. Балаев. — Л. : Химия, 1982. — 317 с; Энциклопедия полимеров : в 3-х т. — М. : Сов. энциклопедия, 1972–1977.

— портативный рентгено-диагностический комплекс «Пардус-Р» или любой другой его аналог (включая аппарат с фотометрическим методом регистрации данных, например «Реис-25»¹) с микрофонным источником рентгеновского излучения и автономным источником электропитания;

— портативный персональный компьютер (ноутбук);

— программное средство для управления процессом измерений и обработки данных;

— комплект защитных средств для оператора.

Важной особенностью данного способа исследования является то, что комплект оборудования на базе портативного рентгено-диагностического комплекса «Пардус-Р» можно использовать как в лабораторных условиях, так и непосредственно на месте происшествия. Для этого он комплектуется необходимыми вспомогательными устройствами: зарядным устройством для автономных источников электрического питания, блоками дистанционного управления, преобразователями для питания от электросети АТС, приспособлениями для крепежа датчика и др. При этом объект исследования не изменяется и не разрушается.

Условия съемки образца подбираются экспериментально в зависимости от его материала, конфигурации и размеров. Например, при съемке изоляции провода в месте обнаружения оплавления, оптимальными являются следующие условия: напряжение на трубке – 50 кВ; ток трубки 100 мкА; время экспозиции – 1,0–1,5 с.

В результате исследования необходимо получить два рентгеновских снимка:

— снимок объекта (в котором предполагается наличие множества мелких частичек меди);

— снимок сравнительного образца материала объекта (в котором частички меди отсутствуют).

С этой целью объект должен быть размещен для съемки в соответствии со схемой (рис. 2). Объект укладывается на предметный столик таким образом, чтобы он находился на оси рентгеновского луча, а предполагаемая область исследования попадала в его конус. Удаленность объекта по оси конуса рентгеновского луча от излучателя до приемника рентгеновского излучения определяется экспериментально в зависимости от геометрических параметров объекта и технических характеристик рентгеновского аппарата таким образом, чтобы на изображении были видны частички металла (если они в объекте есть) с необходимой четкостью и в приемлемом увеличении.

¹ См.: Черничук Ю. П. Определение природы оплавлений на жилах электропроводов электросистемы автомобиля с помощью рентгеновского излучателя Реис-25 / Ю. П. Черничук, Е. Ф. Сидохин // Пожарная безопасность. — 2008. — № 1. — С. 89–92.

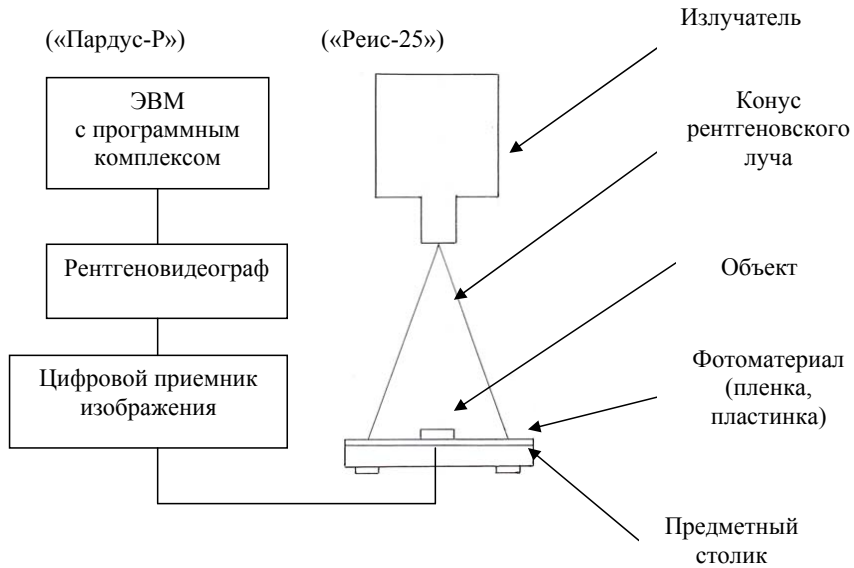


Рис. 2. Схема размещения объекта

Если исследование проводится в полевых условиях, т. е. непосредственно на месте происшествия, то здесь необходимо построить своеобразную исследовательскую систему «излучатель – объект – приемник» таким образом, чтобы объект обязательно попал в конус рентгеновского луча, а его тень (в нужной части) – в активную площадь приемника. При этом также необходимо обеспечить безопасность людей, находящихся на месте происшествия, от воздействия кратковременного рентгеновского излучения.

При оценке результатов исследования исходят из следующего:

- наличие дефектов материала объекта в виде многочисленных вкраплений (частиц) меди свидетельствует о разрушении жилы проводника в результате КЗ;

- отсутствие множества мелких частичек меди в объекте или наличие нескольких крупных частиц (размерами более 1 мм в диаметре) свидетельствует о разрушении жилы проводника не в результате КЗ (рис. 3). В этом случае требуется дополнительное исследование других объектов, находившихся в непосредственной близости от места оплавления жилы.

Примером практического применения рассмотренного способа диагностики следов термических повреждений жил на электропроводах АТС может служить такой случай из экспертной практики. На месте пожара из АТС был изъят электропровод, на котором изоляция частично обуглилась и расплавилась. В зоне разрушения

изоляции были обнаружены медные многопроволочные жилы с локальными оплавлениями шарообразной формы с гладкой поверхностью, которые по внешним признакам в соответствии с Методическими рекомендациями¹ относятся к последствиям КЗ (рис. 4).

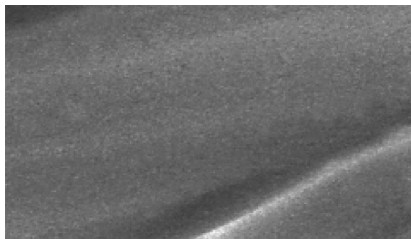


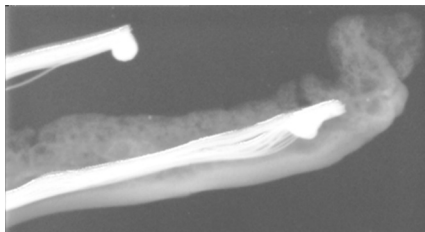
Рис. 3. Рентгеновский снимок объекта без включений частиц меди



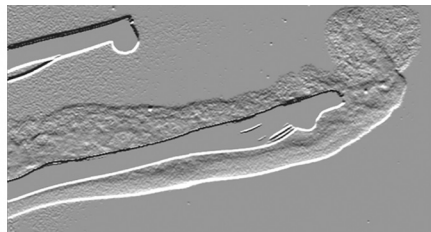
Рис 4. Внешний вид электропровода с термическими повреждениями

Для проверки этого предположения инструментальным методом было проведено исследование изъятых электропровода рентгено-диагностическим комплексом «Пардус-Р» с целью обнаружения частичек меди в его сохранившейся изоляции, которые в соответствии с гипотезой должны были там находиться.

В результате был получен рентгеновский снимок (рис. 5а), при изучении которого вкраплений меди в изоляции не обнаружено. Для более детального исследования были применены программные возможности обработки улучшения информативности изображения (рис. 5б), однако вкраплений меди, являющихся признаком взрывообразного разрушения жилы при КЗ, также не обнаружено.



а)



б)

Рис. 5. Рентгеновские снимки, полученные непосредственно (а) и с программной обработкой (б)

Результаты данного исследования позволили экспертам прийти к выводу о том, что оплавления жил не являются следствием КЗ.

Этот способ исследования следов КЗ имеет свои ограничения.

¹ См.: Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия ...

Во-первых, для исследования собственно оплавления жил он непригоден. Экспериментально установлено, что этот способ применять эффективно можно только в случаях, когда в окружающей среде на расстоянии не более 2 см от места обнаружения оплавленных жил имеются конструктивные неметаллические материалы.

При необходимости нештатный материал, выявленный в объекте «дефектов», можно установить методом рентгеноструктурного анализа или рентгеновской спектроскопии.

Предложенный способ решения экспертной задачи успешно реализован в судебно-экспертной деятельности СЭЦ ФПС по г. Москве.