

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ ДЕЙСТВИЙ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ**

**Галишев М.А., Шарапов С.В., Попов А.В., Бельшина Ю.Н.,
Дементьев Ф.А., Сикорова Г.А., Воронова В.Б.**

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Санкт-Петербург

2013

Рецензенты:**Воронов С.П.**

кандидат технических наук, доцент
(заместитель директора Департамента надзорной деятельности МЧС
России)

Сметанкина Г.И.

кандидат технических наук
(начальник кафедры Государственного надзора ФГБОУ ВПО
Воронежский институт ГПС МЧС России)

Пожарно-техническая экспертиза: Учебник/Галишев М.А., Шарапов С.В., Попов А.В. и др–СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2013. 151 с.

Учебник «Пожарно-техническая экспертиза» предназначен для обучения слушателей высших учебных заведений пожарно-технического профиля инженерно-техническим аспектам мероприятий по установлению причины пожара. В учебнике даются общие представления о порядке выдвижения и отработки отдельных версий по причине пожара. Кратко изложены требования к содержанию и порядку оформления технических заключений по пожарам. Учебник составлено в соответствие с рабочей программой по дисциплине «Пожарно-техническая экспертиза» в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования третьего поколения по направлению подготовки 280705 – «Пожарная безопасность».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ПОНЯТИЕ О ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРИЧИНЕ ПОЖАРА.....	7
2. АНАЛИЗ ПРИЧАСТНОСТИ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПОЖАРА ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ.....	14
2.1. Задачи и последовательность осмотра электрооборудования на месте пожара.....	14
2.2. Аварийный режим короткого замыкания и признаки его причастности к возникновению пожара.....	19
2.3. Аварийный режим перегрузки.....	23
2.4. Исследование электропроводников на месте пожара.....	26
2.5. Порядок исследования аппаратов управления и защиты электросетей.....	31
2.6. Исследование автоматических выключателей.....	38
2.7. Аварийный режим большого переходного сопротивления. Выявление признаков причастности к пожару электроустановочного и коммутационного оборудования.....	45
2.8. Аварийные режимы в электроосветительных приборах и анализ их причастности к возникновению пожара.....	49
2.8.1. Отработка версии о возникновении пожара от лампы накаливания.....	49
2.8.2. Анализ причастности к возникновению пожара люминесцентных светильников.....	54
2.9. Выявление признаков аварийной работы бытовых электропотребителей.....	58
3. АНАЛИЗ ПРИЧАСТНОСТИ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПОЖАРА ТЕПЛОВЫХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЗАЖИГАНИЯ.....	63
3.1. Анализ причастности к возникновению пожара электронагревательных приборов.....	63
3.2. Анализ причастности к возникновению пожара иных тепловых источников зажигания.....	72
3.3. Анализ причастности к возникновению пожара тепловых искр.....	73

3.4. Анализ версий о возникновении пожаров от трения	75
3.5. Механические искры и анализ их причастности к возникновению пожара	78
3.6. Выделение тепла при сжатии газов.....	83
3.7. Статическое электричество и анализ его причастности к возникновению пожара	84
3.8. Особенности развития пожаров, начинающихся со стадии тлеющего горения	90
3.9. Анализ причастности к возникновению пожара тлеющих табачных изделий.....	96
3.10. Версии о возникновении пожара в результате протекания процессов самовозгорания	100
4. ОТРАБОТКА ВЕРСИИ О ПОДЖОГЕ.....	113
4.1. Мотивы и тактика совершения поджогов	113
4.2. Квалификационные признаки поджога	114
4.3. Основные квалификационные признаки поджога.....	116
4.4. Выявление на местах пожаров признаков применения инициаторов горения.	118
4.5. Классификация горючих жидкостей, используемых для поджогов.....	121
4.6. Обнаружение и предварительная диагностика следов горючих жидкостей на месте происшествия	127
4.7. Изъятие, упаковка и подготовка к анализу следов горючих жидкостей на объектах носителях.....	131
4.8. Инструментальные методы исследования нефтепродуктов, горюче-смазочных материалов, спиртосодержащих жидкостей, парфюмерно-косметических изделий в криминалистической экспертизе	136
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ В РАССЛЕДОВАНИИ ДЕЛ О ПОЖАРАХ.....	146
ЛИТЕРАТУРА	150

ВВЕДЕНИЕ

Учебник рекомендуется для обучения курсантов, слушателей и студентов высших учебных заведений пожарно-технического профиля, а также для студентов других вузов, в программе которых предусмотрено изучение дисциплин «Пожарно-техническая экспертиза» и «Расследование и экспертиза пожаров». Оно предназначено для обучения инженерно-техническим аспектам мероприятий по установлению причины пожара.

В экспертной практике при исследовании и установлении причины возникновения пожара, прежде всего, необходимо установить место очаговой зоны, т.е. того места, где горение возникло и наблюдалось на начальной стадии. Установление очага пожара - первый, основной и важнейший шаг на пути установления причины пожара. Выводы, сделанные на этапе установления очага пожара, можно считать лишь предварительными, поскольку они представляют собой на начальном этапе только рабочую гипотезу, необходимую, чтобы сориентироваться в поисках источника зажигания и выдвинуть отдельные версии о причине пожара. После отработки выдвинутых версий и установления предполагаемого источника зажигания (причины пожара) наступает еще одна, заключительная, важнейшая стадия - реконструкция процесса возникновения и развития пожара, которая должна проводиться в соответствии с учетом законов горения. На этой стадии воссоздается картина пожара исходя уже не только из предполагаемого очага (очагов) пожара, но и источника зажигания, данных о динамике развития горения. И только после того, как все данные увяжутся в единое целое, а отдельные промежуточные выводы и факты не будут противоречить друг другу, можно будет формулировать окончательные выводы о причине пожара.

В учебнике даются общие представления о порядке выдвижения и отработки отдельных версий по причине пожара. Кратко изложены требования к содержанию и порядку оформления технических заключений по пожарам.

Учебник составлен в соответствии с рабочей программой по

дисциплине «Пожарно-техническая экспертиза» в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования третьего поколения по направлению подготовки 280705 – «Пожарная безопасность».

1. ПОНЯТИЕ О ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРИЧИНЕ ПОЖАРА

Экспертные исследования, проводимые в рамках расследования дел о пожарах, отличаются комплексным подходом, который обусловлен большой сложностью места пожара, как объекта изучения. Основным, наиболее часто назначаемым родом экспертиз при этом остаются пожарно-технические экспертизы. Судебная пожарно-техническая экспертиза входит в класс инженерно-технических экспертиз, в который помимо нее включены следующие роды экспертиз:

- экспертиза по технике безопасности,
- строительно-техническая экспертиза,
- электротехническая экспертиза,
- компьютерно-техническая экспертиза.

Специальные знания судебного пожарно-технического эксперта – это профессиональные знания в области физики и химии горения, основ пожарной безопасности, термодинамики и теплопередачи, материаловедения, особенностей возникновения, развития и тушения пожаров, методик пожарно-технической экспертизы.

Опыт практической работы пожарно-технических экспертов показывает, что на их разрешение часто выносятся вопросы, формально относящиеся к другим родам и даже классам судебных экспертиз. Например, судебному эксперту ставится вопрос о причастности к возникновению пожара элементов электросетей. Данный вопрос должен решаться с привлечением специальных знаний эксперта электротехника (расчет параметров электросети, выбор аппаратов защиты электросети) или эксперта криминалиста-материаловеда (морфологическое исследование оплавлений токоведущих жил). При отработке версии о поджоге эксперту задают вопрос об обнаружении на месте пожара легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также об определении их типа, марки, конкретной принадлежности. Этот вопрос более характерен для отрасли экспертиз нефтепродуктов и ГСМ или иных горючих жидкостей (пищевых спиртосодержащих и парфюмерно-косметических), которые могут быть использованы в качестве

инициаторов горения при поджогах. Практически отвечать на подобные вопросы приходится пожарно-техническому эксперту.

Основной же круг вопросов, которые могут быть поставлены на разрешение пожарно-технического эксперта (или специалиста) сводятся к следующему:

- 1) установление очага пожара;
- 2) установление технической причины пожара;
- 3) установление динамики и путей развития горения из очага;
- 4) вопросы о нарушении правил пожарной безопасности и о причинно-следственных связях между возможными выявленными нарушениями и возникновением пожара.

Вопросы, связанные с методикой установления очага пожара рассматриваются в предыдущем разделе. Именно при ответе на эти вопросы пожарно-техническому эксперту приходится привлекать знания по материаловедению. Они необходимы для установления степени термического поражения элементов вещной обстановки (ЭВО) на месте пожара.

Настоящее учебное пособие посвящено вопросам выдвижения и отработки версий о причине пожара.

Установление причины пожара проводят путем отработки отдельных экспертных версий. При этом круг этих версий специалист очерчивает, исходя из обстоятельств пожара, а главное, исходя из обнаруженных в очаге материальных объектов и их состояния (проводов с оплавлениями, остатков электроприборов, средств поджога и т.д.). Анализ версий по причине пожара строится путем аргументированного отведения невозможных или маловероятных (с них обычно начинают) и заканчивая единственно возможной или наиболее вероятной.

Свое суждение по каждой версии нужно доходчиво объяснить. Объяснение должно быть подробным, содержащим ссылки на результаты собственных исследований материальных объектов, изъятых с места пожара и материалы уголовного дела. При этом не следует забывать, что изложение экспертного заключения должно вестись на языке, доступном технически неподготовленному участнику процесса. При необходимости

использования специальных терминов, их смысл должен быть доступно разъяснен.

Если, исходя из материалов дела, эксперт не может остановиться на одной версии, необходимо указать 1-2 причины пожара наиболее вероятные, а также другие возможные, но менее вероятные.

В понятие **технической причины пожара** входит установление наличия и порядка взаимодействия, по крайней мере, трех материальных компонентов, необходимых для возникновения горения:

- источника зажигания;
- горючего вещества;
- окислителя.

Решение вопроса о причине пожара должно заключаться в установлении природы этих трех объектов и, что не менее важно, порядка их взаимодействия. В первую очередь, устанавливается **источник зажигания** или **пожароопасный процесс**, приведший к возникновению горения.

Затем пожарный специалист должен выяснить и разъяснить следствию, что за **горючее вещество** имелось в очаге, и могло ли оно загореться от данного источника зажигания.

И, наконец, в отдельных случаях приходится объяснять также, каков был по природе и концентрации **окислитель**? На большинстве пожаров ответ на последний вопрос очевиден - окислителем является кислород воздуха в присущей воздуху концентрации. Но бывают ситуации, когда горение начинается и при контакте сгораемых материалов с другими, более сильными окислителями. Так, в качестве инициаторов горения при поджогах могут применяться перманганат калия, соли азотной кислоты. На водопроводных станциях окислителем может явиться свободный хлор. Наконец, горение может начаться в обогащенной кислородом среде (в медицинской барокамере). Это может решающим образом отразиться на самой возможности возникновения горения и динамике его развития.

На основании выявленных источника зажигания, сгораемого материала, окислителя и, что очень важно, **механизма их взаимодействия**, формируется вывод о причине пожара.

В формулировке технической причины пожара должны быть отражены все указанные компоненты. Эксперт не вправе отвечать на вопросы, касающиеся юридической или морально-психологической оценки действий конкретных лиц и об их причастности к возникновению пожара. Поэтому никаких правовых оценок (как в формулировке «неосторожное обращение с огнем») в выводах быть не должно.

Для возникновения горения необходимо наличие и взаимодействие трех материальных компонентов:

- источника зажигания;
- горючего вещества;
- окислителя.

Решение вопроса о причине пожара должно заключаться в установлении природы этих трех объектов и, что не менее важно, порядка их взаимодействия. В первую очередь, устанавливается **источник зажигания** или **пожароопасный процесс**, приведший к возникновению горения.

Процесс возникновения горения можно разделить на три стадии:

- инициирование (зажжение),
- воспламенение,
- горение.

Инициирование обычно осуществляется при помощи источника зажигания, формирующего тепловой импульс, который сообщается ограниченному участку поверхности состава.

Основные источники зажигания можно разделить на следующие группы:

- маломощные источники зажигания (тлеющие табачные изделия, раскаленные частицы, образующиеся при электрической и газовой сварке, резке, фрикционные искры, мелкие частицы горящего вещества);
- аварийные режимы в электроустановках (короткое замыкание, токовая перегрузка и т.п.);
- самовозгорание тепловое, микробиологическое, химическое;
- огневые работы (факелы пламени газовой горелки, паяльной лампы, пожароопасные факторы электросварочных работ);

- природные явления (разряды атмосферного электричества);
- нарушение технологических процессов;
- нагревательные и отопительные приборы;
- источники открытого огня (пламя спички, зажигалки, факела пламени и т.п. источников).

Воспламенением принято называть распространение горения по всей поверхности состава.

Для одного и того же состава горючего вещества скорость воспламенения зависит:

1) от степени измельчения компонентов; чем тоньше измельчение, тем больше общая поверхность состава и тем быстрее идет воспламенение;

2) от плотности состава: чем больше плотность, тем меньше становится общая поверхность состава (уменьшается количество пор) и тем труднее и медленнее происходит воспламенение;

3) от начальной температуры: чем она выше, тем легче и быстрее протекает воспламенение;

4) от внешнего давления: при его повышении скорость воспламенения сильно увеличивается; сжатые газы передают в этом случае больше тепла в единицу времени воспламеняемой ими поверхности;

5) от состава газовой фазы и, в частности, от содержания в ней кислорода, который активно участвует в процессах воспламенения многих пиротехнических составов.

Собственно горением называют движение процесса в глубину.

В форме горения могут протекать высокоэкзотермические химические реакции. Наблюдаемое при этом в большинстве случаев образование пламени (или свечение) не является, однако, непременным признаком горения; так, например, при горении дымовых составов пламени и выделения света не наблюдается.

Процесс горения характеризуется:

1) наличием подвижной зоны реакции, имеющей высокую температуру (сотни и тысячи градусов) и отделяющей еще не

прореагировавшие (холодные) вещества от продуктов реакции;

2) отсутствием скачка давления в зоне реакции (в пламени); этим процессы горения существенно отличаются от процессов взрыва.

По степени гомогенности начальной системы различают несколько видов горения. Горение твердого или жидкого топлива за счет кислорода воздуха - это гетерогенное горение. Горение взрывчатых газовых (или жидких) смесей или индивидуальных взрывчатых веществ — это горение гомогенное.

Установление причины пожара проводят путем отработки отдельных экспертных версий. Причем круг этих версий специалист очерчивает, исходя из обстоятельств пожара, а главное, исходя из **очага пожара** и обнаруженных в очаге материальных объектов и их состояния (проводов с оплавлениями, остатков электроприборов, средств поджога и т.д.).

Затем пожарный специалист должен выяснить и разъяснить следствию, что за **горючее вещество** имелось в очаге, и могло ли оно загореться от данного источника зажигания.

В отдельных случаях приходится объяснять также, каков был по природе и концентрации **окислитель**? На большинстве пожаров ответ на последний вопрос очевиден - окислителем является кислород воздуха в присущей воздуху концентрации. Но бывают ситуации, когда горение начинается и при контакте сгораемых материалов с другими, более сильными окислителями. Так, в качестве инициаторов горения при поджогах могут применяться перманганат калия, соли азотной кислоты. На водопроводных станциях окислителем может явиться свободный хлор. Наконец, горение может начаться в обогащенной кислородом среде, в медицинской барокамере. Это может решающим образом отразиться на самой возможности возникновения горения и динамике его развития.

На основании выявленных источника зажигания, сгораемого материала, окислителя и, что очень важно, **механизма их взаимодействия**, формируется вывод о причине пожара.

В формулировке технической причины пожара должны быть по возможности названы: источник зажигания, загоревшееся вещество или

материал, окислитель (при необходимости) и, наконец, описан процесс их взаимодействия. **Никаких правовых оценок** (как в формулировке «неосторожное обращение с огнем») **быть не должно.**

2. АНАЛИЗ ПРИЧАСТНОСТИ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПОЖАРА ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

2.1. Задачи и последовательность осмотра электрооборудования на месте пожара

Из статистики, приведенной на официальном сайте МЧС России, показано, что наибольший материальный ущерб от пожаров приходится на источники зажигания, связанные с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов.

Пожары из-за неправильной эксплуатации электроприборов нередко сопровождаются гибелью людей, поскольку нарушение режима эксплуатации порой усугубляется потерей людьми контроля за их работой в результате сна или нетрезвого состояния.

Версии о возникновении пожара от элементов электросетей или так называемые «электротехнические» версии рассматриваются во всех случаях, когда в очаговой зоне имелось электрооборудование, а электросеть была под напряжением. Это связано с тем, что электрооборудование, как правило, представляет реальную пожарную опасность, и выявить или исключить его причастность к возникновению пожара следует непременно.

В обобщенное понятие **электросеть** входят все электропровода и кабели, всевозможные коммутационные устройства (розетки, выключатели, патроны электролампочек и т.д.), электропотребители (осветительные и нагревательные приборы, электронные приборы, бытовые и промышленные электрические машины и т.д.), аппараты защиты.

Важнейшей и неотъемлемой частью любой электросети являются соединительные провода и кабели.

Кабель - одна или несколько изолированных токопроводящих жил, заключенных, как правило, в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров, в

который может входить броня.

Провод - одна или несколько изолированных токопроводящих жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься неметаллическая оболочка, обмотка (и) или оплетка волокнистыми материалами или проволокой.

Шнур - две или более изолированных гибких жил сечением до 1,5 мм, скрученных или уложенных параллельно, поверх которых в зависимости от условий эксплуатации могут быть неметаллическая оболочка и защитные покровы, для подключения переносных и передвижных токоприемников.

Основными элементами всех типов кабелей, проводов и шнуров являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка и наружные покровы. В зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей и проводов изоляция, экран и наружные покровы могут отсутствовать.

Пожарная опасность электросетей обуславливается возможным возникновением в условиях эксплуатации источников зажигания: электрических искр, дуг, нагретых контактных соединений и токоведущих жил, частиц расплавленного металла и открытого огня воспламенившейся изоляции, а также способностью электрических проводов распространять горение вдоль их прокладки. Каждый из перечисленных источников зажигания характеризуется своими особенностями.

Пожарная опасность нагрева токоведущих жил заключается в опасности загорания изоляции, а также горючих материалов, находящихся в непосредственном контакте с электрической проводкой. Нагрев токоведущих жил может быть локальный, местный и общий. Локальный нагрев — это такой нагрев, когда линейным размером зоны нагрева можно пренебречь. Местный нагрев — это нагрев, охватывающий часть длины проводника, а общий — нагрев, охватывающий весь проводник.

Локальный нагрев возникает при КЗ токоведущих жил в точке их касания. Если образуется контакт с большим переходным сопротивлением (например, при слабом нажатии), то выделяется большое количество теплоты, что ведет к быстрому нагреву контактной зоны. Нагрев может вызвать оплавление проводов в зоне контакта, а также их пережог. В

действительности локальный нагрев токоведущих жил при их замыкании между собой происходит чрезвычайно быстро и может быть представлен как локальный тепловой удар. Скорость выделения теплоты в контактной точке настолько высока (порядка нескольких десятков тысяч градусов в секунду), что теплота, аккумулированная в токоведущих жилах в зоне КЗ, практически не передается в окружающую среду. Поэтому можно считать, что в зоне контакта в течение определенного промежутка времени, весьма малого по своей величине, существует очень высокая температура, близкая к температуре кипения металла. Учитывая, что температура нагрева токоведущих жил в зоне контакта очень высокая, следует ожидать воспламенения изоляции, находящейся вблизи зоны нагрева. Ее воспламенению способствует также тепловой эффект электрической дуги, которая, как правило, неизбежно возникает при КЗ. Возможность воспламенения изоляции в зоне КЗ определяется длительностью аварийного режима и временем, необходимым для подготовки изоляции к воспламенению (время индукции).

Местный нагрев электропроводов возможен в случае соединения проводов вскрутку без опрессовки. В этом случае процессы нагрева, обусловливаемые местным увеличением переходного сопротивления, проходят медленно. Если температура нагрева проводов в месте скрутки превысит температуру самовоспламенения изоляции, то она воспламенится.

Общий нагрев токоведущих жил проводов происходит при прохождении тока, по своему значению превышающего номинальный. Выделяющаяся при этом теплота ведет к нагреву изоляции, которая при достижении температуры самовоспламенения воспламеняется. Для транспортировки и распределения электроэнергии требуется соответствующее развитие электрических сетей, которое чаще всего идет по пути прокладки кабелей в виде пучков или кабельных потоков, сосредоточиваемых в специальных кабельных сооружениях. Однако это снижает надежность систем управления и энергоснабжения в случае пожара и повышает пожарную опасность. Пожары в кабельных сооружениях сопровождаются большими материальными потерями в виде

стоимости сгорающих кабелей и проводов и косвенных убытков из-за остановки производства, нарушения энергоснабжения и недовыработки электрической энергии.

Примером может быть пожар, происшедший на одной из строящихся электростанций в США. Он возник от искр сварки, попавших на промасленную ветошь, лежавшую на кабелях, которые были уложены группами в желобах и трубах. Одна часть из них имела полиэтиленовую изоляцию и наружный покров из поливинилхлорида, а другая — изоляцию из бутилкаучука, а наружный покров — из поливинилхлорида. Пожар получил быстрое развитие. За 3,5 ч было уничтожено и приведено в негодность свыше 1100 силовых кабелей и кабелей цепей управления. Пожарная опасность кабелей характеризуется их горючестью и способностью распространять горение. Горючесть кабелей — это способность поддерживать горение при воздействии на них источника зажигания. Она зависит от конструктивного исполнения кабеля, его расположения в пространстве, пожароопасных характеристик изоляции кабеля и других факторов. Например, если одиночный кабель с поливинилхлоридной изоляцией воспламеняется и горит только при постоянном воздействии источника теплоты, то пучок таких же кабелей после зажигания горит самостоятельно. Следует также отметить, что горючесть кабелей и проводов повышается при нанесении на них лаковых покрытий.

Осмотр электрооборудования должен начинаться с изучения схемы электрооборудования и ее документации.

У администрации объекта изымаются, и изучаются:

- паспортные карты или журналы с описью основного электрооборудования и защитных средств с указанием их технических характеристик; протоколы и акты испытаний, ремонта и ревизии оборудования;

- общие схемы электроснабжения по предприятию в целом и отдельным цехам и участкам;

- практическая документация на устройство электроосвещения, схема сети освещения, картотека текущей эксплуатации и ремонтов.

При этом устанавливаются также данные о состоянии, особенностях устройства электросети и ее эксплуатации в период, предшествующий пожару.

Затем производится непосредственный осмотр электросети места пожара. Электросети положено осматривать не только в зоне горения, но и на всем участке от силового трансформатора (в крайнем случае, от аппаратов защиты, расположенных вне зоны горения) до конечного потребителя.

При осмотре:

- уточняются трассы и способы прокладки электропроводки;
- уточняются (или составляются) эскизы схемы электросети с проверкой ее фактического соответствия той схеме, которая получена у должностных лиц;
- отмечаются все места скруток, перегибов, состояние контактных соединений, места прохода кабелей через конструкции;
- устанавливаются типы и номинальные характеристики электроприемников, состояние устройств электрозащиты;
- выявляются участки токоведущих жил кабельных изделий и контактных соединений с оплавлениями, дуговой эрозией и другими признаками аварийной работы;
- осуществляется изъятие участков кабельных изделий и других элементов электросети с признаками аварийных процессов с фиксацией в протоколе осмотра.

Схема электросети без подтверждения ее достоверности в ходе осмотра места пожара не имеет доказательственного значения и не может быть источником исходной информации при проведении экспертных исследований.

2.2. Аварийный режим короткого замыкания и признаки его причастности к возникновению пожара

Для электроустановок характерны четыре режима: нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный, причем аварийный режим является кратковременным режимом, а остальные - продолжительными режимами. Основными аварийными режимами в электросетях, приводящими к пожару являются:

- 1) короткое замыкание (КЗ);
- 2) перегрузка;
- 3) большое переходное сопротивление (БПС).

Заметим, что аварийные режимы перегрузки и большого переходного сопротивления могут со временем привести к короткому замыканию.

Обычно электрооборудование выбирается по параметрам продолжительных режимов и проверяется по параметрам кратковременных режимов, определяющим из которых является режим короткого замыкания (КЗ).

Короткое замыкание - замыкание, при котором токи в ветвях электроустановки, примыкающих к месту его возникновения, резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима.

При КЗ в местах соединения проводов сопротивление практически равно нулю, в результате чего ток, проходящий по проводникам и токоведущим частям аппаратов и машин, достигает больших значений. Токи КЗ на несколько порядков превышают номинальные токи проводов и токоведущих частей и достигают сотен и тысяч ампер. Такие токи могут не только перегреть, но и воспламенить изоляцию, расплавить токоведущие части и провода. Плавление металлических деталей машин и аппаратов сопровождается обильным разлетом искр, которые в свою очередь способны воспламенить близко расположенные горючие вещества и материалы, послужить причиной взрыва.

Короткие замыкания (КЗ или "коротыш" как говорят электрики) в электрических сетях чаще всего случаются из-за разрушения изоляции токопроводящих частей в результате механических воздействий, естественного старения, воздействия агрессивных сред и влаги, а также ошибочных действий электротехнического персонала. Короткое замыкание сопровождается резким возрастанием тока в цепи, а также значительным увеличением выделяющегося тепла, пропорционального квадрату величины тока.

$$Q = I^2 R t$$

Воздействие теплового нагрева на проводку резко снижает механическую и диэлектрическую прочность изоляции. А в результате регулярной перегрузки электрических сетей токами, которые существенно превышают допустимую для данного вида и сечений проводников норму, происходит её **тепловое старение**.

При замыкании образуется электрическая дуга - устойчивый электрический разряд между двумя металлическими элементами электроустановки, в котором происходит интенсивная ионизация газа, плавление и горение металла. Формированию электрической дуги предшествует короткий нестационарный процесс в пространстве между



Рисунок 1. Короткое замыкание

электродами — разрядном промежутке. Длительность этого процесса составляет обычно $\sim 10^{-6} \div 10^{-4}$ с. Температура электрической дуги обычно составляет температуру 1500-4000 °С в зависимости от давления и рода газа, длины разрядного промежутка, состояния поверхностей электродов и т.д.

Электрическая дуга может воспламенить любой горючий материал, не только непосредственно соприкасаясь с ним, но также посредством излучения или путем разбрызгивания расплавленных частиц металла. Это необходимо учитывать, оценивая причинно-следственные связи, приведшие к пожару.



Рисунок 2. Искры короткого замыкания

Характерными признаками оплавления проводников дугой короткого замыкания является выраженная локальность. Форма оплавлений может быть шарообразной, овальной, конусообразной, в виде косого или поперечного среза. На прилегающей к оплавлению поверхности проводника, могут наблюдаться мелкие шарообразные капли металла. Существует резкая граница между зоной оплавления и прилегающей к ней зоной проводника. Участок дугового оплавления обычно вытянут вдоль оси проводника. Поверхность оплавления гладкая - без газовых пор и вырывов.



Рисунок 3. Оплавления, вызванные токами короткого замыкания

В отличие от оплавлений токами короткого замыкания проводники, повреждение которых произошло в результате термического воздействия пожара, характеризуются заметными изменениями сечения проводника по длине и протяженностью расплывчатой зоны оплавления. В большинстве случаев алюминиевые проводники имеют вблизи оплавления продольные складки на поверхности, свидетельствующие о наибольшем нагреве и расплавлении металла токоведущей жилы. Оплавления часто имеют каплеобразную форму, вытянутую по направлению действия силы земного тяготения.

При коротком замыкании нагрев проводников происходит практически мгновенно, и указанных признаков не образуется.

Если оплавлений несколько - необходимо просмотреть всю электрическую цепь и найти оплавление, наиболее удаленное от источника электропитания.

О наличии аварийного режима электропроводника можно судить и по состоянию изоляции. При наличии сверхтока (КЗ) изоляция отслаивается от жилы и легко снимается, и, наоборот, при нагреве изоляции горячими газами на пожаре она может размягчаться, течь, но в основном будет плотно прилегать к проводнику.

Короткие замыкания могут быть первичными и вторичными.

Первичными называют короткие замыкания, произошедшие до пожара или на начальной его стадии и могущие явиться причиной пожара.

Вторичными называют короткие замыкания, появившиеся в ходе пожара, когда изоляция проводов повреждена пожаром. Вторичные КЗ не являются первоначальными причинами пожара, но свидетельствуют о том, что провод, на котором они выявлены, находился под напряжением в ходе пожара.

Дополнительными признаками причастности короткого замыкания к возникновению пожара являются **косвенные факторы**, свидетельствующие о существовании аварийных режимов:

- срабатывание электрических защитных аппаратов (плавкие предохранители, автоматы);
- ненормальное функционирование электроустановок (мигание света,

перенапряжение, неустойчивая работа электродвигателей - гудение);

- сплавление контактов коммутационных аппаратов;

- запах разлагающейся изоляции (термическое разложение);

- фиксация измерительными приборами бросков тока, колебаний напряжения.

2.3. Аварийный режим перегрузки

Перегрузка- прохождение по проводнику, электроаппарату или коммутационному устройству рабочего тока, превышающего длительно допустимый

Коренное отличие режима короткого замыкания от режима перегрузки состоит в том, что в первом случае аварийная ситуация возникает вследствие разрушения изоляции, а во втором - является его причиной. В некоторых случаях перегрузка электропроводки во время аварийного режима может иметь большую пожарную опасность, чем короткое замыкание.

При возникающих в сети перегрузках на воспламеняющую способность проводов существенное влияние оказывает материал жилы. Проведённые в режиме перегрузки испытания убедительно доказали, что вероятность загорания изоляции у кабелей с медными жилами выше, чем у проводов из алюминиевого материала. При испытаниях на короткое замыкание проявилась схожая закономерность. Кроме того, оказалось, что провода и кабели в полиэтиленовой оболочке, а также используемые при их прокладке полиэтиленовые трубы имеют большую «склонность» к возгоранию, чем аналогичная электропроводка, выполненная в винилпластовых трубах.

Особо опасна перегрузка в частном жилом секторе, т.е. в домах, где обычно от общей электросети запитаны все потребители, а защитное оборудование рассчитано лишь на токи К.З. К тому же, ничто не препятствует жильцам многоквартирных жилых домов бесконтрольно увеличивать потребляемую ими мощность.

Основными причинами перегрузок являются:

- 1) несоответствие сечения проводников рабочему току;
- 2) параллельное включение в сеть не предусмотренных расчетом токоприемников без увеличения сечения проводников;
- 3) попадание на проводники токов утечки, молнии;
- 4) повышение температуры окружающей среды.

Последние время участились пожары, вызванные перегрузкой электрических сетей в ранее построенных домах. С появлением новых бытовых приборов, в том числе мощных и использования электрических переносок, возросла нагрузка на электрические сети и, в частности на вилки и розетки, ранее на такие электрические токи не рассчитанные. **В отличие от аварийных режимов, связанных с большими переходными сопротивлениями, когда нагрев происходит в одном из контактов, при перегрузке происходит нагрев обоих контактов.**

Перегрузка двигателей возможна при механической перегрузке на валу, понижении напряжения в сети, работе трехфазного двигателя на двух фазах, неправильном выборе мощности двигателя.

Дополнительной причиной длительного протекания по проводникам токов перегрузки является несоответствие аппаратов защиты сечению проводников, изоляции, условиям окружающей среды и способу прокладки.

Характерным признаком перегрузок электроустановок является их повышенный нагрев. При этом наблюдается:

- 1) специфический запах резины (у проводников с резиновой изоляцией);
- 2) снижение накала, моргание света электрических ламп;
- 3) уменьшение частоты вращения электродвигателей;
- 4) перегрузка оказывает наиболее сильное влияние на контактные соединения и оконцевания проводов, если они выполнены недостаточно качественно.

Основной экспертный путь установления наличия режима перегрузки – расчет параметров электросети.

Версия о перегрузке отрабатывается специалистом в следующей последовательности:

1) необходимо постараться выяснить суммарную мощность потребителей, включенных в данную сеть. Исходя из этого, рассчитывается величина тока перегрузки; определяется номинальный ток для данного типа проводника, а затем путем сравнения этих величин рассчитывается кратность перегрузки.

При небольшой кратности перегрузки провод греется до температуры, недостаточной для загорания изоляции, а при слишком высокой кратности жила провода быстро перегорают (как плавкий предохранитель) и изоляция не успевает загореться.

2) Визуальным осмотром выявляются признаки перегрузки на проводах.

Нагрев проводов при перегрузке приводит к визуальным признакам, сходным с термическим поражением от внешнего нагрева при пожаре:

- протяженные зоны оплавления;
- изменение сечения и формы провода по длине.

О наличии перегрузки в электропроводке можно судить и по состоянию изоляции: при наличии сверхтока перегрузки изоляция будет плотно прилегать к проводнику, и зачастую имеет обугленность с внутренней стороны.

Однако незначительные перегрузки тоже представляют опасность. Так, при 65 °С резиновая изоляция проводов высыхает, теряет эластичность, растрескивается - возникает опасность короткого замыкания.

Можно рассчитать температуру, до которой может нагреться провод при соответствующем токе и установить, могла ли при этом оплавиться и загореться изоляция. Известно, что количество тепла, выделяемого электрическим током в проводнике прямо пропорционально квадрату величины тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока. Существуют специальные компьютерные программы расчета температуры провода при перегрузке и токами КЗ.

3) Многое можно выяснить из опроса очевидцев до пожарной обстановки. Перегрев изоляции вследствие перегрузки сопровождается специфическим запахом жженой резины, разлагающегося лака, масел и

т.д. Снижается накал электроламп, скорость вращения электродвигателей.

При отработке версий о причастности аварийных режимов к возникновению пожара проводится тщательный осмотр проводов в зоне горения и вне ее.

2.4. Исследование электропроводников на месте пожара

Внешний вид проводов (жил и изоляции) позволяет оценить (правда, очень приблизительно) максимальную температуру нагрева провода на пожаре.

Там где изоляция сохранилась, не изменила цвет, медный проводник сохранил чистоту и блеск поверхности металла - термического воздействия не было.

Преимущественное оплавление и обугливание изоляции по наружной поверхности, как правило, является следствием термического воздействия пожара.

Там, где изоляция отсутствует, на поверхности меди имеется слой окалины, полностью не удаляемый при протирании тканью со спиртом, но жилы и проволоки в жилах механически разделяются - температура отжига была 500-700 °С.

Спекание медных проволок в жилах, изменение формы и размеров сечения, хрупкость (проволоки ломаются после 2-4 перегибов) свидетельствуют о том, что температура отжига была более 900 °С.

Изменение сечения на протяженном участке проводника свидетельствует о достижении температуры пожара в данном месте порядка 1050 - 1100 °С.

Степень термического поражения алюминиевых проводников определяется по следующим признакам:

- если изоляция на проводе сохранилась, а поверхность жил блестящая и чистая, то термического воздействия не было;
- если изоляция отсутствует, изменения сечения по длине проводника не наблюдается и, по сравнению с контрольным образцом (проводником такого же типа, изъятom на объекте в зоне отсутствия

термических поражений и очищенном от изоляции), данный проводник легче изгибается, то температура отжига составила порядка 400 - 500 °С;

- если наблюдается изменение сечения по длине проводника, то температура отжига составила 550 - 650 °С

При экспертных исследованиях металлических проводников со следами оплавления решаются два основных вопроса:

1. Произошло ли оплавление проводников в результате короткого замыкания, иного аварийного режима или термического воздействия пожара.

2. Если оплавление произошло в результате КЗ, то определить момент его возникновения (до пожара или в процессе пожара)

Окончательный вывод о причинной связи КЗ и пожара делается при производстве комплексной пожарно-технической экспертизы с привлечением результатов инструментальных анализов.

Важным является также и определение степени термического поражения самого проводника от воздействия пожара, что используется для определения зон наибольших термических повреждений. Данная информация может быть весьма полезной при выявлении очага пожара.

Фрагменты проводников осматриваются визуально. Для определения причины термического поражения медных проводников служат следующие признаки.

Характерные признаки К.З.:

Характерные оплавления на токоведущих частях.

Признаками оплавления проводников токами короткого замыкания является выраженная локальность. Форма оплавлений может быть шарообразной, овальной, конусообразной, в виде косоугольного или поперечного среза; на прилегающей к оплавлению поверхности проводника, могут наблюдаться мелкие шарообразные капли металла. Существует резкая граница между зоной оплавления и прилегающей к ней зоне проводника.

Проводники, повреждение которых произошло в результате термического воздействия пожара, характеризуются заметными

изменениями сечения проводника по длине и протяженностью расплывчатой зоны оплавления. В большинстве случаев алюминиевые проводники имеют вблизи оплавления продольные складки на поверхности, свидетельствующие о наибольшем нагреве и расплавлении металла токоведущей жилы.

При коротком замыкании нагрев проводников происходит практически мгновенно и указанных признаков не образуется.

Состояние изоляции.

О наличии аварийного режима электропроводника можно судить и по состоянию изоляции: при наличии сверхтока (К.З) изоляция отслаивается от жилы и легко снимается, и, наоборот, при нагреве изоляции горячими газами на пожаре она может размягчаться, течь, но в основном будет плотно прилегать к проводнику.

Оценка степени термического воздействия на проводник.

Если изоляция на проводе сохранилась, а поверхность жил блестящая и чистая, то термического воздействия не было. Если изоляция отсутствует и на поверхности имеется слой окалины, часть которого нельзя удалить при протирании этиловым спиртом, но жилы еще разделяются, и проводники не ломаются при изгибе, то температура отжига была в пределах 500-700 °С. Спекание проволок в жиле и изменение сечения проволоки по ее длине происходит при температуре отжига более 900 °С и его продолжительности не менее 40 мин; проводники при этом ломаются после 3-4 перегибов ***(в процессе выполнения работы проводники не перегибать!)***

Изменение сечения на протяженном участке проводника свидетельствует о достижении температуры пожара в данном месте порядка 1050 - 1100 °С.

Степень термического поражения алюминиевых проводников определяется по следующим признакам:

- если изоляция на проводе сохранилась, а поверхность жил блестящая и чистая, то термического воздействия не было;
- если изоляция отсутствует, изменения сечения по длине проводника не наблюдается и, по сравнению с контрольным образцом

(проводником такого же типа, изъятом на объекте в зоне отсутствия термических поражений и очищенном от изоляции), данный проводник легче изгибается, то температура отжига составила порядка 400 - 500 °С;

- если наблюдается изменение сечения по длине проводника, то температура отжига составила 550 - 650 °С

Признаком нахождения медного или алюминиевого проводника в режиме перегрузки по току служит факт обугливания внутренней поверхности изоляции (непосредственно примыкающей к проводнику) при неповрежденной ее внешней части, протяженность зоны оплавления, прилипание изоляции к токоведущей жиле.

Часто во время исследования электросетей приходится пользоваться **расчетными методами**. В частности, бывает необходимо определить возможные величины **токов перегрузки и токов короткого замыкания**.

Параметром, характеризующим интенсивность воздействия на кабельные изделия токов перегрузки и токов короткого замыкания, служит коэффициент кратности сверхтока K_c :

Определение возможных величин токов короткого замыкания применительно к конкретной электросети с учетом места возникновения короткого замыкания позволяют охарактеризовать его пожарную опасность, на основе количественных показателей объяснить механизм возникновения и развития аварийного режима

Параметром, характеризующим интенсивность воздействия на кабельные изделия токов КЗ или перегрузки, служит коэффициент кратности сверхтока - K_c .

$$K_c = \frac{I_{КЗ}}{I_D}$$

где $I_{КЗ}$ - ток короткого замыкания, А.

I_D - ток длительно допустимый для данного сечения конкретного проводника, А.

При расчете сверхтоков перегрузки в данное уравнение вместо $I_{КЗ}$ следует подставить величину тока перегрузки.

Величины I_D для различных сечений проводов и кабелей в зависимости от вида изоляции, материала токопроводящей жилы и способа прокладки приведены в таблицах ПУЭ. K_c имеет нижнюю и верхнюю границу, например: существование верхней границы связано с тем, что даже в условиях полного отсутствия защиты при определенной величине K_c проводник сам начинает выполнять роль предохранителя, т.е. разрушение его токоведущих жил происходит настолько быстро, что изоляция не успевает воспламениться.

Проведенные исследования показали, что для проводов с резиновой изоляцией K_c можно принять равным 45, а для проводов с полихлорвиниловой изоляцией 35.

При малых кратностях перегрузки медленно оплавливающаяся изоляция постепенно оголяет жилу, и при возникновении дуги в зоне ее действия горючий материал уже отсутствует, воспламенения не происходит.

Существуют **инструментальные методы исследования электрических проводников**, позволяющие уточнить наличие в них следов и характера аварийных режимов. Для исследования участки проводов с оплавлениями необходимо изъять следующим образом.

В первую очередь подлежат изъятию провода с локальными оплавлениями с участков, наиболее удаленных от источника питания. Изымать все провода с места пожара, в расчете на то, что эксперт сам разберется, какие нужны и важны, а какие - нет, не следует.

Длина изъятых участков провода с оплавлением должна быть не менее 35 мм (лучше 40-50 мм.), но уж никак не больше 0,5 - 1,0 метра. Провод изымают в том виде, в котором его обнаружили, ни в коем случае не скручивая, не изгибая во избежание излома. Провод упаковывают, оформляют изъятие.

Лабораторные исследования проводов с оплавлениями предполагают использование двух методов - рентгенофазового (рентгеноструктурного - РСА) анализа и металлографии. Первый применяется в качестве экспрессного метода анализа, позволяющего

быстро исследовать оплавления, однако информация, полученная данным методом, может оказаться неоднозначной. В этом случае приходится использовать более трудоемкий метод металлографии.

2.5. Порядок исследования аппаратов управления и защиты электросетей

Более 20 % всех пожаров, связанных с эксплуатацией электроустановок, приходится на электрические аппараты управления, регулирования и защиты.

На промышленных предприятиях в электроустановках широко применяются магнитные пускатели. В магнитном пускателе из-за дефектов при изготовлении и неправильного режима эксплуатации (перегрузка пускателя, ослабление затяжки контактных соединений, загрязнение контактных поверхностей и износ главных контактов).

Для защиты от токов КЗ и значительных перегрузок на отходящих линиях силовых трансформаторов, батарей статических конденсаторов электродвигателей, светильников и других электроустановок применяют плавкие предохранители и воздушные автоматические выключатели.

Для защиты электрических цепей устройствами не однократного срабатывания (неразрушающийся элемент) обычно применяются автоматические выключатели.

В низковольтных цепях также применяются самовосстанавливающиеся предохранители.



Рисунок 4. Аппараты управления и защиты электросетей

Самовосстанавливающийся предохранитель — полимерное устройство с положительным температурным коэффициентом сопротивления, применяемое в защите электронной аппаратуры.

Принцип действия основан на резком увеличении сопротивления при превышении порогового тока, протекающего через него. Сопротивление в сработавшем состоянии зависит от следующих факторов: типа используемого устройства, приложенного к нему напряжения U и мощности, рассеиваемой на устройстве P_d . Величина этого сопротивления может быть вычислена по формуле: $R_t = U^2 / P_d$.

Полимерный самовосстанавливающийся предохранитель представляет собой матрицу из непроводящего ток полимера, смешанного с техническим углеродом. В холодном состоянии полимер кристаллизован, а пространство между кристаллами заполнено частицами углерода, образующими множество проводящих цепочек. Если через предохранитель начинает протекать слишком большой ток, он начинает нагреваться, и в какой-то момент времени полимер переходит в аморфное состояние, увеличиваясь в размерах. Из-за этого увеличения углеродные цепочки начинают разрываться, что вызывает рост сопротивления, и предохранитель нагревается еще быстрее. В конце концов, сопротивление предохранителя увеличивается настолько, что он начинает заметно ограничивать протекающий ток, защищая, таким образом, внешнюю цепь. После устранения замыкания, когда протекающий ток снизится до исходного значения, предохранитель остывает и его сопротивление возвращается к начальному значению.

Такие предохранители часто применяются в бытовых ПЭВМ для защиты от перегрузок или КЗ в цепях USB-, FireWire- портов, и других интерфейсах с подводимым питанием.

Плавкий предохранитель состоит из металлической плавкой вставки, поддерживающего ее контактного устройства и корпуса. В качестве плавкой вставки используется отрезок проводника со специальными характеристиками. Это проводник относительно малого сечения и из такого сплава, что при допустимых токах нагрев проводника

не перегревает его, а при чрезмерно больших перегрев проводника столь значителен, что проводник расплавляется и размыкает цепь. Вставка предохранителя обычно одноразовая. В низковольтных цепях также применяются **самовосстанавливающиеся предохранители**.

Плавкая вставка предохранителя обычно представляет собой стеклянную или фарфоровую оболочку, на основаниях которой располагаются контакты, а внутри находится тонкий проводник из относительно легкоплавкого металла. Определённой силе тока срабатывания соответствует определённое поперечное сечение проводника. Если сила тока в цепи превысит максимально допустимое значение, то легкоплавкий проводник перегревается и расплавляется, защищая цепь со всеми её элементами от перегрева и возгорания.

Пожарная опасность магнитных пускателей проявляется в виде чрезмерного повышения температуры деталей. Недопустимое повышение температуры катушки в большинстве случаев связано с появлением в ней междувитковых КЗ. Экспериментально установлено, что причиной повышенного нагрева катушки может быть также увеличение напряжения сети выше допустимого предела (105% от номинального). Чрезмерный нагрев токоведущих частей получается при перегрузке пускателя, ослаблении затяжки контактных соединений, загрязнении контактных поверхностей и износе главных контактов.

Пожарная опасность аппаратов защиты заключается в появлении электрической дуги и искрообразования при перегорании плавкой вставки, а также в возможности нагрева токоведущих частей при нарушении плотности контактов.



Рисунок 5. Предохранитель ПРС

Часто пожары являются результатом ненадежной работы аппаратов защиты и наличия плавких вставок завышенного сечения. На предприятиях главным образом применяются трубчатые предохранители

серий ПР-2, ПН-2, НПН и НПР. Предохранитель ПР-2 (предохранитель разборный) применяется в установках до 500 В на номинальные токи до 1000 А. На концах основной части предохранителя (фибровой трубки) насажены обоймы с резьбой, на которые навинчены колпачки для зажима контактных ножей; к этим ножам прикреплена плавкая вставка. При перегорании плавкой вставки цепь тока разрывается и внутри трубки образуется электрическая дуга.

Предохранители имеют **устройства для гашения дуги**, образующейся при расплавлении плавкой вставки. Наибольшее распространение получили кварцевые и газогенерирующие предохранители.

В кварцевых предохранителях (ПК) патрон заполнен кварцевым песком, и дуга гасится путем удлинения, дробления и соприкосновения с твердым диэлектриком.

В газогенерирующих предохранителях для гашения дуги используются твердые газогенерирующие материалы (фибра, винипласт и др.). Под действием высокой температуры дуги значительная часть фибры разлагается и переходит в газообразное состояние; при этом газы способствуют быстрому гашению дуги. Газогенерирующие предохранители выполняются с выхлопом и без выхлопа газа из патрона при срабатывании. Предохранители с выхлопом газа из патрона называют также стреляющими (ПСН-10 и ПС-35), поскольку срабатывание их сопровождается звуком, похожим на оружейный выстрел.

При правильном выборе плавких вставок предохранители ПР-2 достаточно надежны в работе. Однако случается, что из-за применения в предохранителях некалиброванной проволоки в качестве плавкой вставки происходит прогорание фибровой трубки и от вылетающих частиц расплавленного металла возникают загорания.

Плавкие вставки трубчатых предохранителей НПН (насыпной предохранитель неразборный) и НПР (насыпной предохранитель разборный) на такое же напряжение и номинальный ток от 60 до 200 А выполняют из одной или нескольких параллельных медных проволок. Плавкая вставка помещена в закрытую фарфоровую трубку, заполненную

кварцевым песком. При перегорании вставки дуга горит в узком канале, образованном в результате испарения металла плавкой вставки. Гашение дуги ускоряется при соприкосновении ее с кварцевым песком. Патроны предохранителей НПН не подлежат перезарядке и при перегорании плавких вставок должны заменяться новыми. Патроны предохранителей НПП можно многократно перезарядать после их срабатываний.

В установках ниже 1000 В малой мощности применяют пробочные предохранители. В них плавкая вставка припаяна к резьбе и центральному колпачку сменного элемента, который ввертывается в корпус предохранителя. Защита электрических сетей плавкими предохранителями несовершенна. Так, например, часто при перегорании одной из плавких вставок электродвигатели начинают работать на двух фазах и быстро выходят из строя. Такие предохранители довольно эффективно производят защиту электросети лишь при КЗ и менее эффективно — от перегрузок. Попытки применять плавкие вставки с возможно меньшим номинальным током срабатывания ухудшают их стойкость к колебаниям токов при пусках, кратковременных перегрузках и т. д. Вначале такие предохранители выдерживают эти колебания, но постепенно из-за повторяющегося процесса перегрева поверхность плавких вставок окисляется, их рабочее сечение уменьшается, что ускоряет перегорание плавких вставок. Более совершенными аппаратами защиты от токов КЗ и перегрузок в электрических сетях являются автоматические воздушные выключатели. Их можно эпизодически использовать для ручного включения и отключения электрической сети. При неправильном монтаже и эксплуатации автоматические выключатели также могут явиться причиной пожара, так как при разрыве цепи в них возникают электрические искры и дуги. Возможен нагрев их токоведущих частей от больших переходных сопротивлений.

Особенности исследования различных плавких вставок.

Предохранители типа ПР-2.

Предохранители типа ПР-2 имеют корпус в виде фибровой трубки. Плавкие элементы представляют собой цинковые пластины переменного сечения. При токах короткого замыкания расплавление вставки

происходит в нескольких узких перешейках. При небольшой кратности токовой нагрузки, когда $1.2 < I_a < 3$ разрушение вставки происходит только в одном из перешейков, чаще всего в средней части плавкой вставки.

Плавкие медные вставки могут быть также исследованы методом металлографии.

При коротком замыкании место оплавления имеет резко выраженную границу из-за взрывообразного разрушения плавкой вставки. На внутренней поверхности корпуса предохранителя обнаруживается большое количество мелких частиц (брызг) металла.



Рисунок 6. Предохранитель ПР-2

При перегрузке и КЗ через большое переходное сопротивление (так называемом неполном КЗ) - идет медленный нагрев, постепенное плавление вставки. На ней образуются потеки, наплывы металла. Брызги на внутренней поверхности отсутствуют.

В установках ниже 1000 В малой мощности применяют пробочные предохранители. В них плавкая вставка припаяна к резьбе и центральному колпачку сменного элемента, который ввертывается в корпус предохранителя. Защита электрических сетей плавкими предохранителями несовершенна. Так, например, часто при перегорании одной из плавких вставок электродвигатели начинают работать на двух фазах и быстро выходят из строя. Такие предохранители довольно эффективно производят защиту электросети лишь при КЗ и менее эффективно — от перегрузок.

Ножевые керамические предохранители типа ПН-2 и более современный **ППН-33** представляют собой наиболее удобные и экономичные устройства защиты кабельных линий и электрических цепей от небольших перегрузок и высоких токов короткого замыкания.

Рассчитаны на номинальное напряжение 400-690В. Все контактные ножи предохранителей изготовлены из посеребренной меди.

В предохранителях ПН-2 применяются плавкие вставки с металлургическим эффектом. Вставки ПН-2 - из медной ленты, имеющей на двух участках места уменьшенного сечения (перешейки). Между этими участками располагается часть ленты полного сечения длиной 6 мм, на которую

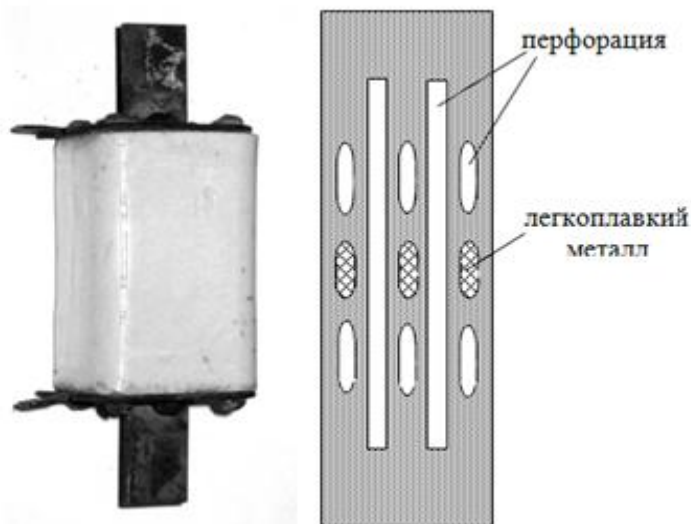


Рисунок 7. Предохранитель ПН-2

наносится напайка металла из более легкоплавкого (олово, свинец, сплава олова с кадмием), чем основной металл вставки. Физическая сущность металлургического эффекта состоит в растворении более тугоплавкого металла вставки в легкоплавящемся металле. Причем расплавление такой вставки происходит при температуре примерно в два раза меньшей, чем температура плавления основного металла вставки (меди).

При аварийных токах (I_a), которые менее чем в 4 раза превосходят нормативный ток вставки ($I_{н.вст.}$), ($I_a/I_{н.вст.} < 4$), перегорание вставки происходит в месте напайки легкоплавкого сплава, а при $I_a/I_{н.вст.} > 4$ в районе узких перешейков.

При попадании предохранителя в зону температуры пожара выше 500 °С. может происходить расплавление вставок с металлургическим эффектом без воздействия тока за счет только теплового воздействия пожара.

Жучок

Иногда при отсутствии в наличии необходимого предохранителя, или с целью сознательного обхода защиты, используют металлическую перемычку между контактами — «жучок». Однако следует иметь в виду, что, выгорание предохранителя свидетельствует о наличии более серьёзных проблем в электрической цепи, в частности, о коротком замыкании. Замена штатного предохранителя «жучком» может привести к выходу из строя более дорогих комплектующих и/или к возгоранию. Последнее часто является причиной пожара.

С другой стороны, попытки применять плавкие вставки с возможно меньшим номинальным током срабатывания ухудшают их стойкость к колебаниям токов при пусках, кратковременных перегрузках и т. д. Вначале такие предохранители выдерживают эти колебания, но постепенно из-за повторяющегося процесса перегрева поверхность плавких вставок окисляется, их рабочее сечение уменьшается, что ускоряет перегорание плавких вставок.

2.6. Исследование автоматических выключателей

Более совершенными аппаратами защиты от токов КЗ и перегрузок в электрических сетях являются автоматические воздушные выключатели. Их можно эпизодически использовать для ручного включения и отключения электрической сети. При неправильном монтаже и эксплуатации автоматические выключатели также могут явиться причиной пожара, так как при разрыве цепи в них возникают электрические искры и дуги. Возможен нагрев их токоведущих частей от больших переходных сопротивлений.

Автоматический выключатель (также называется «автомат защиты», «защитный автомат» или же просто «автомат») состоит из диэлектрического корпуса, внутри которого располагаются подвижный и неподвижный контакты. Подвижный контакт подпружинен, пружина обеспечивает усилие для быстрого расцепления контактов. Механизм расцепления приводится в действие одним из двух расцепителей:

тепловым или электромагнитным.

Тепловой расцепитель представляет собой биметаллическую пластину, нагреваемую протекающим током. При протекании тока выше допустимого значения биметаллическая пластина изгибается и приводит в действие пружину, отводящую подвижный контакт, разрывая тем самым электрическую цепь. Время срабатывания зависит от тока (время-токовая характеристика) и может изменяться от секунд до часа. Минимальный ток, при котором должен срабатывать тепловой расцепитель, составляет 1,3 от номинального тока предохранителя до 63 ампер и свыше 63 ампер 1,45 от номинального тока предохранителя. В отличие от плавкого предохранителя, автоматический предохранитель готов к следующему использованию после остывания пластины.

Параметры автоматического предохранителя могут изменяться при каждом срабатывании из-за обгорания контактов. Эту особенность следует учитывать в промышленных установках.

Магнитный (мгновенный) расцепитель представляет собой соленоид, подвижный сердечник которого приводит в действие пружину, отводящую подвижный контакт. Ток, проходящий через автоматический выключатель, течет по обмотке соленоида и вызывает втягивание сердечника при превышении заданного порога. Мгновенный расцепитель, в отличие от теплового, срабатывает очень быстро (доли секунды), но при значительно большем превышении тока: в 6 и более раз от номинального тока, в зависимости от типа (автоматические выключатели делятся на типы А, В, С, D, Е и К в зависимости от характеристики срабатывания расцепителей). Во время расцепления контактов может возникнуть электрическая дуга, поэтому контакты имеют особую форму и находятся в дугогасительной камере.

Исследование автоматов должно начинаться с внимательного внешнего осмотра.

1. Определение марки и номинальных характеристик по надписям на корпусе.

2. При разрушении автомата определение типа и номинальных характеристик производится по габаритным размерам и остаткам

механизма размыкателя по каталогу, коллекции.

Основными параметрами автоматов, которые при этом надо установить - это номинальный ток теплового расцепителя ($I_{ном.тепл.}$) или ток срабатывания электромагнитного расцепителя ($I_{сраб.эл.магн.}$)

3. Фиксация положения рычага управления (снаружи) и механизма размыкателя (внутри).

Не следует щелкать рычагами и кнопками, поскольку это не дает практической информации, но может разрушить механизм расцепителя и контактные группы, если автомат обгорел в ходе пожара.

Следует помнить, что тепловой расцепитель может сработать при нагреве автомата до температуры 160-200 °С. Характерными признаками такого нагрева является появление на всей поверхности корпуса мелкозернистых вздутий пластмассы.

Если такие повреждения имеются, то автомат мог сработать как от аварийного режима в электросети, так и от внешнего теплового воздействия, но если этого нет, а рычаг автомата находится в положении, соответствующем автоматическому отключению, значит в сети точно был аварийный режим.

4. Определение марки, сечений подключенных к клеммам проводов, плотности их соединения, следов подгорания. Устанавливается и зарисовывается в виде схемы количество проводов, подсоединенных к каждой из контактных групп на входе и выходе автомата защиты.

Снятие время-токовой характеристики.

Если автомат не имеет значительных термических повреждений, экспериментально методом токового нагружения снимают зависимость времени срабатывания от величины задаваемого тока аварийного процесса (ВТХ - время-токовая характеристика).

Признаки аварийных режимов автоматических выключателей: сваривание контактов, непогашенная дуга, внутреннее короткое замыкание.

Сваривание контактов автомата, возможно по следующим причинам:

1) БПС - если сила нажатия пружины меньше, чем необходимо, либо пружина сломалась; произошёл износ контактов;

2) протекание длительного тока КЗ и перегрев контактов при механических неисправностях или неправильной регулировке расцепителя;

3) протекание длительного тока перегрузки и перегрев контактов при выгорании термобиметалла, его расслоении или неправильной регулировке расцепителя;

4) воздействие тепла пожара.

Непогашенная дуга происходит при:

1) протекании тока КЗ больше предельного для данного автомата;
2) сгорании, оплавлении или неисправности дугогасительной камеры.

Внутреннее короткое замыкание происходит при:

1) пробое (в результате попадания влаги или пыли);
2) снижении диэлектрических свойств изоляции.

Расчёт необходимого предела срабатывания предохранителя.

Расчёт предохранителя ведётся с учётом тока короткого замыкания в конце линии, нагреванием проводников, проседанием напряжения (не более 4-5%), а также с учётом потребностей самого потребителя. Выделенная в ходе протекания электрического тока через проводники



Рисунок 8. Сваривание контактов

теплота должна рассеиваться в окружающую среду, не повреждая при этом каких-либо частей и/или составляющих проводящих частей электрооборудования.

Расчёт нужд потребителя рассчитывается по формуле:

$$I_{ном} = \frac{P_{max}}{U}$$

где $I_{ном}$ — номинальный ток срабатывания предохранителя, А;

P_{max} — максимальная мощность нагрузки, Вт (с запасом примерно 20 %);

U — напряжение сети, В.

Предохранитель выбирается из стандартного ряда, с ближайшим номинальным током срабатывания, превышающим полученное значение. Так же должны учитываться пусковые токи нагрузки потребителя при выборе характеристики.

Условия выбора предохранителя в трёхфазных цепях (нагрузки):

Для трёхфазного эл. приёмника без пусковых токов (нагреватель и др.)

$$I_{вст.} \geq I_{дл.расч.}$$

Для трёхфазного эл. приёмника с пусковым током (электродвигатель)

$$I_{вст.} = K_n \cdot I_{ном} / \alpha.$$

где: $K_n = 5 \dots 8$ (обычно 7) — коэффициент пуска ЭД ($I_{пуска} = K_n \cdot I_{ном}$),

α — коэффициент тяжести пуска: 1,6 — тяжёлый, 2 — средний, 2,5 — лёгкий пуск.

При этом должно выполняться неравенство: $I_{кз} \geq 3 \cdot I_{вст.}$ где: $I_{кз}$ — ток короткого замыкания (в защищаемом участке цепи).

Проверка соответствия аппаратов защиты сечению проводов (кабелей).

Проверку производят при защите цепей от токов перегрузки по условию: $I_{н.тепл} < 0.8 I_g$,

где: $I_{н.тепл.}$ - номинальный ток теплового расцепителя автомата (А)

I_g - длительно допустимый ток на провод или кабель (А)

При защите сетей от токов перегрузки в отдельных случаях по условию: $I_{н.тепл.} < I_g$

При защите сетей только от токов короткого замыкания по условию:
 $I_{ср.эл.м.} < 4.5I_g$,

где $I_{ср.эл.м.}$ - ток срабатывания электромагнитного расцепителя автомата

Для защиты ответвлений к короткозамкнутым двигателям от токов короткого замыкания ток срабатывания автоматов выбирают по условию
 $I_{ср.эл.м.} > 1.25I_n$.

где I_n - пусковой ток двигателя, равный (5-7) I_n .

I_n - номинальный ток двигателя

От токов перегрузки двигателя защищают тепловыми реле, устанавливаемыми в магнитных пускателях. Номинальный ток теплового реле выбирают по номинальному току двигателя, т.е. $I_{н.тепл.} = (1-1.2) I_n$.

Сечения проводов, кабелей и их ответвлений к двигателям выбирают во взрывоопасных зонах классов В-I; В-Ia; В-II; В-IIa по условию $I_g > 1.25I_n$, где I_n - номинальный ток двигателя.

Во всех остальных зонах и помещениях по условию $I_g > I_n$.

Воздействие влаги и агрессивных сред на изоляцию сопровождается, как правило, появлением поверхностных **токов утечки**. **Ток утечки** — ток, который протекает в землю или на сторонние проводящие части в электрической неповрежденной цепи. Ток утечки в сети с изолированной нейтралью — ток, протекающий между фазой и землей в сети с изолированной нейтралью. Ток утечки в сети с заземленной нейтралью — ток, протекающий по участку электрической цепи, соединенному параллельно с нулевым рабочим проводником, а при отсутствии нулевого рабочего проводника — ток нулевой последовательности.

Тепловой нагрев приводит к испарению жидкости и образованию на ней солевых отложений. После испарения влаги токи утечки исчезают, но

при последующем увлажнении процесс повторяется. Только сейчас из-за повышенной концентрации соли проводимость достигает таких значений, при которых ток утечки не исчезает и по окончании испарения. Действие тока утечки приводит к обугливанию изоляции и потери ей механической прочности. Возникает ситуация, способная привести к распространению поверхностного дугового разряда и загоранию изоляции.

Устройство защитного отключения (сокр. **УЗО**; более точное название: устройство защитного отключения, управляемое дифференциальным (остаточным) током, сокр. **УЗО–Д**) — механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определённых условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов. Может состоять из различных отдельных элементов, предназначенных для обнаружения, измерения (сравнения с заданной величиной) дифференциального тока и замыкания и размыкания электрической цепи (разъединителя).

Основная задача УЗО — защита человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через изношенную изоляцию проводов и некачественные соединения.

Широкое применение также получили комбинированные устройства, совмещающие в себе УЗО и устройство защиты от сверхтока. Такие устройства называются **диффавтомат**. Часто диффавтоматы снабжаются специальной индикацией, позволяющей определить, по какой причине произошло срабатывание (от сверхтока или от дифференциального тока).

Принцип работы УЗО основан на измерении баланса токов между входящими в него токоведущими проводниками с помощью дифференциального трансформатора тока. Если баланс токов нарушен, то УЗО немедленно размыкает все входящие в него контактные группы, отключая, таким образом, неисправную нагрузку.

Обнаружение токов утечки при помощи УЗО является дополнительным защитным мероприятием, а не заменой защиты от

сверхтоков при помощи предохранителей, так как УЗО никак не реагирует на неисправности, если они не сопровождаются утечкой тока (например, короткое замыкание между фазным и нулевым проводниками).

УЗО с отключающим дифференциальным током порядка 300 мА и более иногда применяются для защиты больших участков электрических сетей (например, в компьютерных центрах), где низкий порог привел бы к ложным срабатываниям. Такие низкочувствительные УЗО выполняют **противопожарную функцию** и не являются эффективной защитой от поражения электрическим током.

2.7. Аварийный режим большого переходного сопротивления.

Выявление признаков причастности к пожару

электроустановочного и коммутационного оборудования

Большое переходное сопротивление (БПС) - это сопротивление участка электрической цепи в месте соединения отдельных ее элементов, которое при неправильном исполнении становится выше сопротивления цепи непосредственно до этого и после этого участка. Большие переходные сопротивления возникают в следующих случаях:

1) неправильное выполнение контактного соединения. Соединение, ответвление и оконцевание жил проводов и кабелей должны производиться при помощи опрессовки, сварки или сжимов (винтовых, болтовых, и т.п.);

2) окисление мест соединения;

3) вибрация электрооборудования;

4) надломы токоведущих жил, что характерно главным образом для алюминиевых жил.



Рисунок 9. БПС

Соединения с алюминиевыми проводами более опасны, нежели

соединения с медными проводами, т.к. алюминий обладает способностью «вытекать» из-под винтового контакта, а в местах скруток на алюминиевых проводах плохой контакт образуется из-за оксидной пленки.

Характерные признаки БПС:

1) высокий нагрев мест контактных соединений, что может приводить к обугливанию изоляции, появлению цветов побежалости на стальных деталях контактного соединения.

Поскольку при последовательном соединении элементов цепи величина силы тока одинакова на всех ее участках, тепловыделение на больших переходных сопротивлениях гораздо больше, чем в остальной цепи.

Выделение тепла на плохом контакте приводит к карбонизации изоляции и, как следствие, к ухудшению ее изоляционных свойств. Возникают токи утечки через карбонизованную изоляцию и происходит ее еще больший разогрев. Процесс принимает лавинообразный характер и, в конечном счете, приводит к возникновению горения;

2) нагрев может быть столь высоким, что приведет к оплавлению или свариванию контактов, в том числе и контактов коммутационных аппаратов;

3) заведомо слабый контакт может быть выявлен по конструктивным особенностям контактного соединения, степени поджатия, что определяется путем сравнения диаметра провода, или толщины наконечника с размером зазора в болтовом соединении.

Признаки, выявляемые по свидетельским показаниям:

4) моргание света лампочек, неустойчивая работа потребителей;
 5) искрение контактного соединения до пожара;
 6) появление иногда запаха или даже дыма до пожара (этот признак может проявляться в течение недель или даже месяцев до пожара).

Косвенные признаки БПС:

7) локальные термические поражения материалов в окружающей зоне;
 8) низкая динамика развития процесса.

Процесс возникновения горения в результате БПС развивается достаточно длительно - дни, недели, месяцы и может быть долго не замеченным. Внезапное возникновение и быстрое, интенсивное развитие горения - не свойственны для БПС. Наиболее часто аварийный режим БПС возникает на контактах **электроустановочного и коммутационного оборудования.**

К электроустановочному и коммутационному оборудованию относятся: штепсельные розетки и вилки, монтажные клеммные и распаечные коробки, выключатели, переключатели, рубильники, ручные и магнитные пускатели, патроны электрических лампочек и т.п. Основными особенностями такой аппаратуры, является наличие в ней контактных соединений.

Свидетельством работы этих изделий в аварийном режиме являются обычно следы локального перегрева, искрения и дугообразования, проявляющиеся в виде:

- 1) хрупкости металла, его спекании, выплавлении припоя;
- 2) появления на стальных деталях цветов побежалости;
- 3) оплавления на контактных деталях;
- 4) оплавления крепёжных деталей;
- 5) сосредоточенных отложений копоти в местах неплотных контактов;
- 6) проявления металлургического эффекта в местах контакта различных металлов;
- 7) термического разрушения изоляции и оплавления подводящих проводов вблизи крепления к установочному оборудованию;
- 8) электрической эрозии контактирующих элементов, а иногда и их сваривания электродугой, являющегося следствием постепенного перехода искрения в микро электродугу. Это явление особенно опасно для контактных групп автоматических выключателей и магнитных пускателей, т.к. сваривание контактов (подвижных и неподвижных) переводит аппарат в постоянно включенное состояние и выводит его из строя;
- 9) формировании на пластмассовых деталях электророзеток,

выключателей и других изделий следов термических поражений выражающихся в деформациях пластмассы, ее карбонизации, оплавлении, выгорании.

Признаки должны быть **локальными** и отсутствовать на некотором удалении или на прилегающих деталях. В противном случае они должны восприниматься, как следы термического воздействия пожара. Об этом же свидетельствует и преобладание термических поражений с внешней стороны корпуса изделия.

Важным признаком включённого состояния вилки в розетку в момент возникновения и развития пожара является отсутствие закопчения на внутренних поверхностях контактирующих поверхностей этих деталей, а также на штифтах электрических вилок.

Необходимо учитывать, что локальные оплавления могут возникать и как вторичные в ходе пожара без образования дуги, за счет расплавления металла в металле. Особенно это типично для электророзеток и выключателей со стальными или медными контактами, к которым присоединены алюминиевые провода.

Версия о возникновении пожара в результате аварийной работы электроустановочных изделий очень сложна для доказывания. Очень часто аварийные режимы, проявляющиеся в этом оборудовании, не приводят к пожару. Поэтому о причастности электроустановочного изделия к пожару можно говорить только в том случае, если:

- 1) изделие имеет рассмотренные выше признаки аварийной работы;
- 2) находится в очаге;
- 3) исключаются прочие версии о причине пожара.

Полезно также рассмотреть динамику пожара и оценивать предпожарную обстановку по показаниям очевидцев. При быстром развитии пожара, как правило, версию о причастности электроустановочных изделий следует исключать.

2.8. Аварийные режимы в электроосветительных приборах и анализ их причастности к возникновению пожара

2.8.1. Отработка версии о возникновении пожара от лампы накаливания

Аварийный режим в лампах накаливания возникает при напряжении, на 15 - 20 % превышающем расчетное, а в отдельных случаях и при расчетном напряжении.

Пожарная опасность ламп накаливания обусловлена:

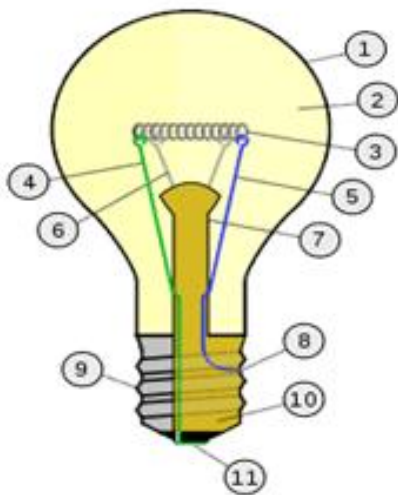
1) возможностью возникновения пожара от соприкосновения (или опасного приближения) лампы и горючего материала;

2) возможностью возникновения пожара от попадания на окружающие горючие материалы раскаленных элементов лампы, образующихся при ее разрушении.

Иногда к этим двум аспектам добавляется и третий:

3) возможность загорания патрона или питающих проводов.

На рисунке 10 представлены основные элементы лампы накаливания.



1 — колба; 2 — полость колбы (вакуумированная или наполненная газом); 3 — тело накала; 4, 5 — электроды (токовые вводы); 6 — крючки-держатели тела накала; 7 — ножка лампы; 8 — внешнее звено токоввода, предохранитель; 9 — корпус цоколя; 10 — изолятор цоколя (стекло); 11- контакт доньшка цоколя

Рисунок 10. Электрическая лампа накаливания

Отработка версии о возникновении пожара от лампы накаливания начинается с оценки потенциальных возможностей зажигания.

1. При отработке тепловой версии необходимо оценить температуру нагрева колбы лампы или объектов на определенном расстоянии от лампы и сопоставить ее с пожароопасными свойствами материалов в очаговой зоне.

Данные по пожароопасным свойствам материалов и температурах нагрева колб ламп имеются в справочной литературе. В общем, можно сказать, что температуры на расстоянии 5 см от включенных ламп накаливания мощностью 200 w могут быть около 280 °С. Температуру около 240-260 °С имеют лампы меньшей мощности (60-100w) непосредственно на своей поверхности. На расстоянии 10 см от лампы накаливания мощностью 200 w температура не превышает 120-140 °С. Из приведенных данных следует, что опасность может представлять либо непосредственный контакт лампы со сгораемым материалом, либо нагрев лучистым теплом на малом расстоянии - не более 5 см (максимум – 10 см для лампы большой мощности). Но и при данных условиях может возникнуть только тление склонных к этому материалов.

Таким образом, если из материалов по пожару следует, что загоревшийся материал находился на расстоянии 15 - 20 см от горячей лампочки или пламенное горение возникло в считанные минуты, версию о причине пожара от теплового воздействия лампы накаливания можно исключить.

И, все же, возможность возникновения горения в результате теплового воздействия лампы накаливания имеется и не редко. Это может осуществиться, если поверхность лампы полностью или частично прикрыта теплоизоляционным материалом, при этом происходит аккумуляция тепла, способная привести к загоранию.

К.П.Смирнов приводит, в частности, результаты следственных экспериментов, проводимых для подтверждения выводов специалистов о причине пожаров. При этом выяснилось, что:

- 100 Вт лампочка, обернутая х/б тканью, обеспечивает через 5

минут в зоне контакта с материалом температуру 340°C , при которой начинается тление ткани.

- Светильник на гибкой ножке с лампочкой 55 Вт в контакте со стопкой из 4-х брюк нагрел ткань за 20 минут до 260°C , за 60 минут - до 380°C , а через 120 мин. температура достигла в зоне контакта 420°C и началось интенсивное тление хлопчатобумажных изделий.

- Лампочка 40 Вт в контакте с изъятым образцом ватного одеяла нагрела его через 35 минут до 250°C , при этом началось обугливание одеяла. Загорание одеяла было зафиксировано через 259 часов (на одиннадцатые сутки испытаний).

При отработке версии возникновения пожара в результате аварийного режима в лампе накаливания оценивают зажигающую способность частиц никеля.

Наиболее распространенный аварийный режим в лампе накаливания, приводящий к пожару - образование дуги между никелевыми электродами в момент перегорания нити накаливания.

Чаще это происходит при перенапряжении в сети, но может случиться и при нормальном напряжении. Горит дуга до 10-15 секунд. Колба лампы разрушается, брызги стекла и металла могут попасть на сгораемые материалы с соответствующими последствиями. Возможность возникновения дугового разряда в лампе, с одной стороны, связана с качеством ее изготовления, а с другой - с качеством питающего напряжения (наличием перенапряжений).

Радиус разлета никелевых частиц достигает 2,65 метра, а при взрыве колбы - до 3,2 метра. Интересно отметить, что радиус зоны разлета практически не зависит от мощности лампы.

Размер капель металла при КЗ электропроводки и плавлении нити накаливания электроламп достигает 3 мм, а их температура - $1500-2200^{\circ}\text{C}$. Необходимо отметить, что пожарную опасность представляют частицы диаметром более 0,5 мм, поскольку более мелкие имеют слишком малое теплосодержание (запас энергии).

Вероятность зажигания некоторых материалов в зависимости от высоты падения раскаленных частиц различного диаметра определена

экспериментально. Эти данные можно найти в специальных справочниках.

В конструкции ламп общего назначения предусматривается предохранитель — звено из ферроникелевого сплава, вваренное в разрыв одного из тоководов и расположенное вне колбы лампы — как правило, в ножке. Назначение предохранителя — предотвратить разрушение колбы при обрыве нити накала в процессе работы. Дело в том, что при этом в зоне разрыва возникает электрическая дуга, которая расплавляет остатки нити, капли расплавленного металла могут разрушить стекло колбы и послужить причиной пожара. Предохранитель рассчитан таким образом, чтобы при зажигании дуги он разрушался под воздействием тока дуги, существенно превышающего номинальный ток лампы. Ферроникелевое звено находится в полости, где давление равно атмосферному, а потому дуга легко гаснет. Из-за малой эффективности в настоящее время отказались от их применения.

После оценки потенциальной возможности зажигания проводится визуальное и инструментальное исследование остатков лампы.

Выявляются признаки аварийного режима, который может быть первичным, способным привести к пожару или вторичным, возникшим в результате пожара.

Основные признаки аварийных режимов сведены в таблице 1.

Таблица 1. Признаки первичного и вторичного аварийных режимов в лампе накаливания

Первичный режим:	Вторичный режим:
частицы никеля впаяны в осколки колбы; оплавление электродов и явное уменьшение их по массе и размерам; проплавление колбы частицами металла (если колба сохранилась)	пробой стекла лопатки; пробой стекла линзы; то же и оплавление электродов одновременно; сохранность предохранителя при разрушении спирали.

Пробой лопатки и линзочки возникает при нагреве лампы до температуры, значительно выше номинальной, на которую она рассчитана. Свойства стекла при таком нагреве меняются, оно постепенно утрачивает свойства диэлектрика. Наступает лавинообразный процесс увеличения тока через стекло лопатки (линзы), который и приводит к пробое. Таким образом, если лампа имеет пробой лопатки, то очевидно, что она была под напряжением и достаточно сильно была разогрета извне. Такое возможно при исправной лампочке, включенной в помещении, где происходит горение. Лампа в этом случае явно не причастна к пожару.

Визуально пробой лопатки выглядит как затемненный участок стекла между платинитовыми вставками, у линзы - между молибденовыми крючками. Иногда при пробое лопатки происходит расплавление стекла, отделение штабика и электродов от лопатки.

Наличие признаков вторичного аварийного режима свидетельствует о наличии напряжения на лампе во время пожара.

К инструментальным методам обнаружения первичных аварийных режимов на лампах накаливания относятся рентгеноструктурный анализ и химический анализ.

По первой методике отбираются лампы, не контактировавшие с горящими нижерасположенными предметами. Исследуются остатки лампы, находящиеся в патроне. Исследованию подвергаются участки держателей электродов в месте их соприкосновения с вольфрамовой спиралью. Если в этих зонах будет обнаружено присутствие окиси вольфрама (WO_3), то этот факт должен трактоваться как признак наличия на лампе напряжения в момент ее разрушения и возможной причастности к возникновению пожара. Дело в том, что вольфрам способен окисляться кислородом воздуха с образованием WO_3 только будучи нагретым до очень высокой температуры (более 2000 °С). А такая ситуация возможна только в момент разрушения горячей лампы, когда ее спираль раскалена до температуры свечения (2550 °С), при разгерметизации колбы в нее попадает кислород. В методике особо подчеркивается, что на исследование по данному методу следует изымать остатки лампы, не выпавшие из патрона, т.к. при падении и контакте с обгоревшими

остатками других материалов состав окисного слоя может меняться.

Вторая методика предполагает обнаружение напыленного никеля на стеклянных деталях лампы.

Описанный выше аварийный режим в лампе - дуга между никелевыми электродами - обеспечивает не только выброс крупных частиц, приводящих к пожару, но и напыление гораздо более мелких частиц на внутреннюю поверхность колбы лампы и другие ее стеклянные детали, находящиеся внутри лампы. Такое напыление возможно только при дуге, поэтому обнаружение теми или иными методами никеля на указанных поверхностях является важным свидетельством причастности лампы к возникновению пожара.

Проще всего напыленный никель обнаружить химическим анализом. На месте пожара необходимо найти и изъять осколки колбы лампы, либо ее штабик, лопатку, тарелку, линзочку. На внутреннюю поверхность осколков колбы или на указанные стеклянные детали наносится капля 30 % водного раствора азотной кислоты, подсушивается и на то же место вносится капля реактива Чугаева, который является специальным реактивом на катионы никеля и представляет собой насыщенный раствор диметилглиоксима в этиловом спирте. При наличии даже микроколичеств никеля стекло окрасится в яркий красный цвет.

2.8.2. Анализ причастности к возникновению пожара люминесцентных светильников

Люминесцентные светильники, работающие в аварийном режиме, достаточно часто становятся причиной пожара. Наиболее широкое применение в практике нашли люминесцентные ртутные лампы. Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную трубку, заполненную разреженным газом - аргоном - и ртутью. На концах трубки два вольфрамовых электрода, концы которых выведены наружу через цоколь. Внутренняя поверхность трубки покрыта люминофорами. К концам электродов подводят напряжение, вызывающее разряд между электродами и испарением ртути, пары которой дают ультрафиолетовое

излучение, вызывающие видимое свечение люминофора. Люминесцентные лампы снабжены пускорегулирующей аппаратурой (ПРА), состоящей из стартера, дросселя и конденсатора.

Сама колба люминесцентного светильника не представляет пожарной опасности. Наибольшую опасность представляют именно дроссели, стартеры, конденсаторы.

Аварийными режимами в люминесцентных светильниках являются:

- 1) сильный нагрев дросселей и межвитковое КЗ;
- 2) пробой конденсаторов;
- 3) залипание контактов стартера;
- 4) КЗ в электропроводке светильников вследствие теплового или механического нарушения изоляции.

Горючей средой при этом являются:

- 1) горючие материалы (картонные прокладки, изоляция электропроводов, компаунд, заливочная масса дросселей и трансформаторов, светорассеиватели);
- 2) сгораемые строительные конструкции, на которых закреплен светильник;
- 3) горючие материалы на полу при падении горящих частей светорассеивателя.

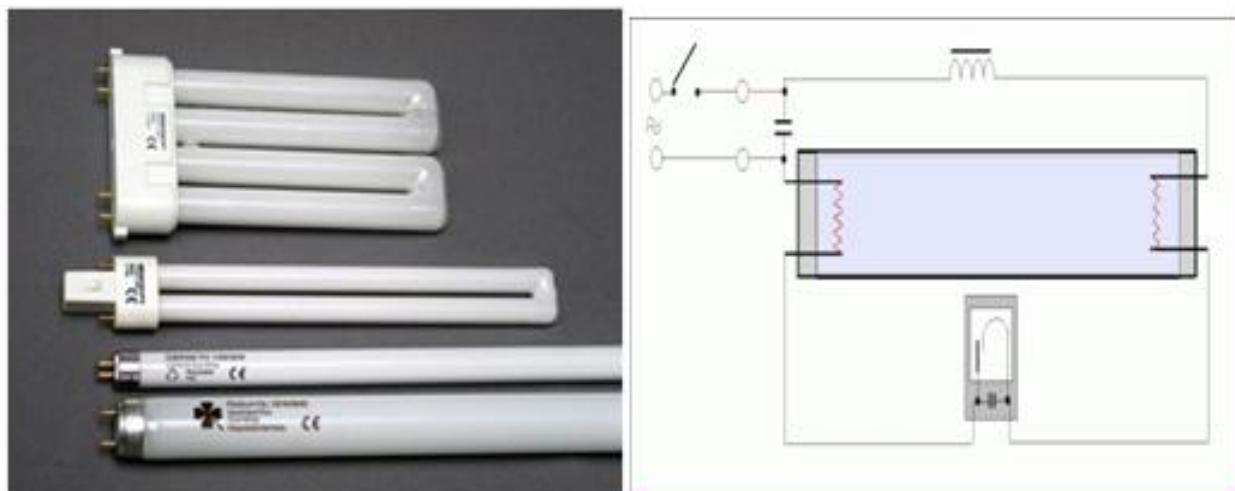


Рисунок 11. Люминесцентные лампы

Определение причастности люминесцентного светильника к возникновению пожара производится путем сравнения состояния ПРА, находящегося в зоне очага пожара, и дросселей, стартеров, светильников вне очаговой зоны. Аварийному ПРА обычно свойственны более сильные термические поражения - локальные оплавления, вытекание компаунда, а также деформации корпуса светильника в зоне установки аварийного ПРА и другие аналогичные признаки.

Наибольшая пожарная опасность заключается в воспламенении горючих электроизоляционных материалов вследствие перегрева обмотки дросселя.

Дроссель представляет собой некоторый объем горючей среды (компаунд, заливочная масса), внутри которого помещен потенциальный источник зажигания - нагретый обмоточный провод. Из-за перегрева, старения изоляции, вследствие некачественного изготовления в дросселе со временем могут происходить замыкания части витков.

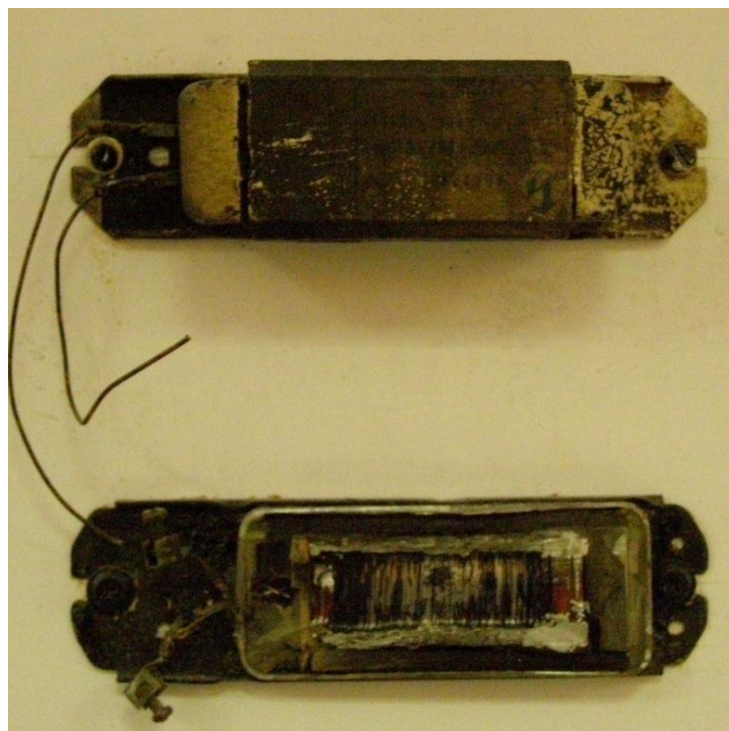


Рисунок 12. Замыкание витков дросселя

Замыкание уже семи витков (т.е. всего около 1 % от общего их количества) приводит к перегреву дросселя до критической температуры, при которой начинаются необратимые тепловые процессы. Наиболее вероятно воспламенение дросселя, как показал эксперимент, при замыкании 78 витков (11,7 % от общей численности).

При сохранении в дросселе заливочной массы можно однозначно утверждать о непричастности его к возникновению пожара. При отсутствии массы необходимо тщательно осмотреть обмотку в поисках

следов межвитковых замыканий (локальных оплавлений) (инструментальными методами).

Стартер служит для зажигания люминесцентной лампы и включается параллельно лампе. У стартера аварийный режим работы возникает при замыкании контактов в ходе многократного замыкания-размыкания при включении, что обеспечивает длительное протекание пускового тока, перегрев и плавление материалов в контактных точках. Необходимо отметить, что слипание контактов стартера и пробой его конденсатора обычно не влекут срабатывания электрозащиты, т.к. сила потребляемого тока ограничивается дросселем и остается близкой к номиналу.

Стартер целесообразно осмотреть с целью выявления слипания (сваривания) его контактов. Проверку слипания контактов можно осуществить измерением электросопротивления между выводами электродов.

Пробой конденсатора приводит к тем же последствиям, что и слипание контактов стартера. Необходимо осмотреть и измерить электросопротивление конденсаторов, входящих в комплект ПРА, с целью обнаружения их пробоя. Пробой конденсатора, шунтирующего стартер, приводит к тем же последствиям, что и слипание контактов стартера, т.е. к возникновению аварийной ситуации.

Ртутные газоразрядные лампы - электрический источник света, в котором для генерации оптического излучения используется газовый разряд в парах ртути. Ртутные лампы используются для освещения открытых территорий, производственных, сельскохозяйственных и складских помещений. Температура на колбе лампы достигает 300 - 400°С.

Энергосберегающая лампа обладает существенно большей светоотдачей (соотношением между световым потоком и потребляемой мощностью), чем лампы накаливания.

Ещё большей светоотдачей и долговечностью (при высокой

стоимости) отличаются светодиодные лампы.

лампы накаливания 100 Вт - $t \approx 120 \text{ }^\circ\text{C}$.

25 Вт - $t \approx 50 \text{ }^\circ\text{C}$

сберегающая лампа 20 Вт - $t \approx 50 \text{ }^\circ\text{C}$

11 Вт - $t \approx 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Лампа накаливания в 100 Вт освещает помещение также как и энергосберегающая лампа в 20 Вт, но ее температура более чем в 2 раза выше.

2.9. Выявление признаков аварийной работы бытовых электропотребителей

Холодильники.

Аварийные режимы в бытовых холодильниках проявляются в виде: замыкания в двигателе компрессора, БПС в месте подключения компрессора, БПС в пусковом реле, аварийных режимах в блоке терморегулятора. Последний из аварийных режимов может привести к возникновению горения внутри холодильника, которое обычно самоликвидируется.



Рисунок 13. Следы аварийной работы холодильника

Признаками причастности бытовых холодильников к возникновению пожара являются локальные термические повреждения на корпусе холодильника напротив аварийного агрегата.

Это обычно выглядит как локальный отжиг металла в нижней части боковой стенки холодильника. В этом проявляется кондуктивный теплоперенос от аварийного блока через материал стенки шкафа холодильника. Выше от этого места, как правило восходит зона, по форме, напоминающая очаговый конус. Очаговый конус формируется и на стенах, у которых расположен холодильник. На полу под холодильником в этом случае формируется локальная зона термических поражений (обугливание, прогар). Напротив, если полу прорисовывается неповрежденный участок квадратной формы, повторяющий форму нижней поверхности холодильника, то это свидетельствует о непричастности холодильника к возникновению пожара. В этом случае холодильник защищал участок пола от термического воздействия.



Рисунок 14. Следы аварийной работы на корпусе холодильника

Электрозвонки.

Электрозвонки по типу воспроизведения звука подразделяются на:

- 1 –звонки с непрерывным зуммером
- 2 –звонки с прерывистым звучанием (при замыкании, размыкании)

кнопки звонка, так называемые звонки мелодичного боя)

2.1. без добавочного сопротивления

2.2.. с добавочным сопротивлением

3 - электронные

Аварийные режимы, их признаки

В условиях нормальной эксплуатации электровзвонки не представляют пожарной опасности. Звонки становятся пожароопасными в условиях их аварийной работы, когда по цепи звонка длительное время протекает ток.

Наиболее опасными являются звонки с прерывистым звучанием особенно 2.2.(в них, кроме соленоида может перегреваться и добавочное сопротивление), остальные можно считать относительно пожаробезопасными. Опасность заключается в том, что при постоянно замкнутой кнопке в катушке звонка (соленоиде) протекает ток, а звука нет. Длительный ток вызывает перегрев катушки и межвитковые замыкания. Дымовыделение начинается на 3-8 минуте, на 7-24 происходит воспламенение корпуса электровзвонка, пластмассовых деталей внутри него. Могут также наблюдаться вспышки внутри корпуса.

Квалификационные признаки пожара.

- пожар возник в прихожей
- мала возможность других причин
- наличие межвитковых замыканий в соленоиде звонка
- западание кнопки, “слипание” её контактов или умышленное блокирование кнопки посторонними предметами на длительное время, а также короткое замыкание в проводах, идущих от кнопки к звонку

Электродвигатели.

Зажигательная способность, аварийные режимы, причастность к пожару

Пожарная опасность электрических машин обусловлена наличием в их конструкции горючих материалов (бумаги, хлопчатобумажной и шелковой тканей, текстолита, гетинакса, лаков и т.д.) и источника зажигания.

Основными причинами аварийных режимов электродвигателей

являются: перегрузка, межвитковые замыкания в обмотках, замыкания обмотки на корпус, искры и дуги.

Причины коротких замыканий в электродвигателях:

Короткому замыканию значительно способствует увлажнение обмоток, попадание на них паров кислот и щелочей, посторонних предметов (металлической стружки или пыли), сильный и длительный перегрев, старение изоляции - всё это приводит к снижению диэлектрических свойств изоляции.

Причины перегрузки электродвигателей:

- несоответствие мощности электродвигателя мощности приводимого механизма

- обрыв одной из фаз и работа двигателя от двух фаз

- повышенное трение в подшипниках (вплоть до остановки) (недостаточная смазка, неправильная центровка, перекос вала, загрязнение смазки волокнистыми материалами)

- заклинивание приводимого механизма

- ухудшение условий охлаждения (поломка вентилятора, засорение вентиляционных отверстий и каналов)

- пусковые токи недопустимой по времени продолжительности из-за несостоявшегося или затянувшегося пуска

- частые включения и противовключения (включение реверса).

Причиной пожара может явиться также перегрев подшипников в результате повышенного трения, перегрев подшипников может вызвать остановку ротора (якоря) электрической машины, а это в свою очередь, вызовет дополнительный нагрев подшипникового узла, и перегрузку в обмотках двигателя.

Признаки аварийной работы:

1. Трехфазные электродвигатели при обрыве одной фазы не запускаются и сильно гудят. Если обрыв произошел у работающего двигателя, то ток статора сильно увеличивается и может сгореть обмотка, если защита не отключит двигатель. Снижаются обороты двигателя, он гудит, и может вообще остановиться. Изоляция намоточного провода в обмотках двух фаз разрушается по всему сечению обмотки.

2. При наличии межвитковых замыканий в статорах электродвигателей переменного тока слышно гудение и наблюдается вибрация.

3. Электродвигатели переменного тока со значительными межвитковыми замыканиями в роторе часто не поддаются запуску. Под нагрузкой двигатель остановится. В местах межвитковых замыканий, как правило, образуются характерные оплавления

4. У коллекторных электродвигателей при межвитковых замыканиях наблюдается сильное искрение щеток. При коротких замыканиях может происходить оплавление (выплавление) коллекторных пластин.

После перегрева может воспламениться: пыль, краска на корпусе двигателя, изоляционные материалы, сгораемые части корпусов, изоляция подводных кабелей и проводов.

3. АНАЛИЗ ПРИЧАСТНОСТИ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПОЖАРА ТЕПЛОВЫХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЗАЖИГАНИЯ

3.1. Анализ причастности к возникновению пожара электронагревательных приборов

Возможность воспламенения горючих сред и материалов от любых нагретых поверхностей (электрических или механических искр, нагретых поверхностей электроприборов и проводов, нагретых поверхности трущихся деталей механизмов и машин) определяется не только температурой нагретой поверхности или частицы, но и ее мощностью.

Одновременно с нагревом горючего материала или горючей среды всегда осуществляется теплоотвод от граничного к нагретой поверхности слоя материала в остальной объем этого материала и в окружающую среду. Зажигание может произойти только тогда, когда интенсивность тепловыделения станет равной интенсивности теплоотвода.

Для этого требуется определенное время, в течение которого интенсивность теплоотвода, подчиняющаяся линейному закону, несколько снижается из-за повышения температуры удаленных от граничного слоя частей горючего вещества. Интенсивность тепловыделения, подчиняющаяся экспоненциальной зависимости, при этом повышается, но только в тех случаях, когда нагретое тело или обладает достаточной энергоемкостью или пополняет свою энергию от внешних источников или вследствие протекания химической реакции в самом теле, иначе говоря, когда ему есть за счет чего повышаться. Тогда в течение всего рассматриваемого времени поддерживается температура тела, при которой возможно воспламенение от него имеющегося конкретного горючего вещества. Если же мощность нагретого тела мала настолько, что его температура быстро понижается, то интенсивность тепловыделения не может «догнать» интенсивность теплоотвода и загорания не происходит.

Электронагревательные приборы могут привести к

возникновению пожара, в основном, в трех случаях:

- 1) при возникновении в электрической части прибора аварийного режима работы (КЗ, БПС) в нормальных условиях эксплуатации;
- 2) работа прибора в условиях, не предусмотренных правилами эксплуатации (например, работа электрокипятильника или электрочайника после выкипания воды; работа нагревательного элемента тепловентилятора после остановки вентилятора);
- 3) нагрев сгораемых веществ и материалов от нагревательного прибора до температуры воспламенения или тления.

Наиболее часто причиной пожаров является нагрев окружающих электробытовые приборы предметов до температуры воспламенения. Так, для деревянных поверхностей, выполненных из сосны, температура воспламенения составляет 255 °С, для полиэтилена – 350 °С. Электронагревательные приборы имеют сильный нагрев поверхностей снизу и с боков.

Следует иметь в виду, что материалы (полистирол, полиэтилен, этилен, полипропилен, поливинилхлорид, лак, гетинакс) не только горючи, но и токсичны, поскольку при их горении выделяются вредные для человека газы. При нагревании полистирола до 160–240 °С выделяется цианистый водород. При термическом разложении поливинилхлорида (при температуре 228–232 °С) выделяется токсичный хлористый водород. Усугубляет пожароопасность органическая пыль, оседающая на деталях телевизора во время его эксплуатации.

Признаки причастности электронагревательного прибора к возникновению пожара формируются как на окружающих предметах и конструкциях, так и на нем самом, а также на внешних коммутационных устройствах.

Признаки на окружающих предметах представляют собой локальные разрушения в очаговой зоне, прогары. Образуются они за счет длительного (иногда, многочасового) локального нагрева конструкции, приводящего к ее пиролизу, протекающему в режиме тления.

Так, включенный электрочайник после выкипания воды может поджечь незащищенную деревянную конструкцию под ним примерно

через 10-15 минут.

Мегорский Б.В. приводит пример пожара, причиной которого стал забытый на столе включенный утюг, прожегший последовательно столешницу, паркет, черновой пол, перекрытие и найденный после пожара на нижележащем этаже под дырой в потолке.

При анализе версии о причастности электроприбора к возникновению пожара, первым делом надо попытаться выяснить был ли данный прибор вообще включен в сеть, находилась ли эта сеть под напряжением или обесточена аппаратом защиты, был ли включен выключатель на самом приборе (если таковой имеется). Самый простой случай, если вилка электроприбора на момент осмотра находится в электророзетке. При отсутствии вилки в розетке следует обратить внимание на характер закопчения вилки и розетки.

Доказательством нахождения прибора под напряжением является наличие на электрошнуре дуговых оплавлений. Электрошнуры сами могут быть местом возникновения аварийного режима. Этому могут способствовать изломы проводов. В этом смысле особенно опасны провода с литыми вилками. Изоляция провода может расплавиться от соприкосновения с горячими поверхностями нагревательного прибора. Надлом проводов очень часто происходит на расстоянии около 10 см от вилки, видимо, здесь провод больше всего изгибается при включении и выключении прибора. Это роковое место следует обязательно наиболее тщательно осмотреть.

К сожалению, на пожарах электрошнуры часто не сохраняются. Изоляция сгорает, а медная жила при температуре выше 700-800 °С становится хрупкой и рассыпается. Таким образом, факт отсутствия шнура питания электроприбора не является основанием для вывода о не нахождении электроприбора под напряжением на момент пожара.

С другой стороны, если провод находится в свернутом состоянии, и в таком виде получил термические повреждения, то это дает уверенное основание для отвода версии о причастности данного прибора к возникновению пожара.

Анализ причастности к возникновению пожаров электрочайников

Электрочайники, как правило, имеют трубчатые или дисковые электронагревательные элементы непосредственно в объеме нагреваемой воды, ближе к днищу.

При выкипании воды происходит оголение электронагревательного элемента, перегрев его, деформация и, как следствие, замыкание спирали на корпус (если корпус металлический). В этой ситуации возникает КЗ с образованием дуги, проплавлением оболочки электронагревательного элемента и разбрызгиванием раскаленных частиц металла, могущих являться источником зажигания.

Признаки работы электрочайника в аварийном режиме сводятся, в основном, к следам дугового режима:

- 1) наличие проплавлений трубки электронагревательного элемента или его разрушений при относительной сохранности корпуса чайника;
- 2) локальные оплавления корпуса или отдельных его деталей;
- 3) застывшие капли (брызги) металла.

Аварийный режим не всегда приводит к пожару. Необходимо доказать, что именно данный аварийный процесс мог привести к возникновению пожара в данной зоне. Для этого необходимо объяснить, каким путем зажигательное воздействие выявленного аварийного режима вышло за пределы чайника.

Признаками причастности электрочайника к пожару являются:

- 1) наличие характерного прогара под днищем чайника и (или) деформация днища. В этом случае горение возникло в результате теплового воздействия раскаленного корпуса чайника на сгораемую подставку;
- 2) наличие локальных проплавлений на корпусе чайника. Загорание произошло в результате разлёта раскалённых частиц разрушившегося ТЭНа через сквозные проплавления корпуса;
- 3) наличие следов дуги в соединительных устройствах; нарушение целостности резиновых прокладок в месте установки электронагревательного элемента; выброс раскаленных брызг металла

через раскрытую крышку чайника.

При проверке версий возникновения пожара от электрочайников с терморегуляторами и автоматическими выключателями необходимо проверить исправность этой аппаратуры.

Анализ причастности к возникновению пожаров электрокипяtilьников.

Электрокипяtilьники погружные бытовые выпускаются следующих типов: ЭПМ — электрокипяtilьник малого габарита; ЭПО — электрокипяtilьник основного габарита; ЭПОТ — электрокипяtilьник основного габарита с термовыключателем.

В обозначении типов электрокипяtilьников буквы означают: Э — электрокипяtilьник; П — погружной; М — малого габарита; О — основного габарита; Т — с термовыключателем.

Электрокипяtilьники имеют несъемный соединительный шнур длиной 1,7 м. Электрокипяtilьники типа ЭПОТ должны иметь термовыключатели без самовозврата.

Оболочка может быть из латуни, стали, меди (0,3; 0,5; 0,7 кВт) или алюминия (1 кВт и более).

Алюминий не обладает высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью, поэтому ТЭНы довольно быстро выходят из строя из-за повреждения трубки. Оболочка может разрушаться, спираль провисает и долгое время находится в рабочем состоянии.

Оболочка трубчатого электронагревательного элемента (ТЭНа) из латуни и стали имеет защитное декоративное покрытие, что обеспечивает им большую коррозионную стойкость. Такие кипяtilьники в силу термической повышенной стойкости оболочки могут без повреждений работать на воздухе до 15 минут.

Оболочки из стали и медных сплавов не разрушаются, а часто очень сильно нагреваются, разогревают емкость, в которой они находятся и могут вызвать загорание нагретой поверхностью. Алюминиевая кружка емкостью 250 мл с находящимся в ней включенным электрокипяtilьником прожигает дыру в 40 миллиметровой сосновой доске за 2 – 2,5 часа после выкипания воды. Впрочем, кипяtilьник из

стали или медного сплава может обесточиться, если в результате его нагрева произойдет нарушение спаев выводных концов нагревательной спирали со шнуром питания.

Признаки причастности электрокипяtilьников к возникновению пожаров формируются:

- 1) на окружающих конструкциях или предметах;
- 2) на самом кипяtilьнике;
- 3) на питающем шнуре.

В случае нахождения кипяtilьника в стеклянной таре, может произойти ее разрушение, и кипяtilьник воздействует непосредственно на сгораемые материалы. При этом формируется локальное термическое поражение по форме кипяtilьника. Металлическая тара может деформироваться, а ее разогрев привести к локальному прожигу горючего материала подставки.

На самом кипяtilьнике образуются:

- 1) локальное разрушение трубки ТЭНа кипяtilьника;
- 2) визуальные признаки локального отжига трубки ТЭНа на спиральном участке, а именно: различие цвета трубки на данном участке и участке ввода, где спирали нет (цвета побежалости, особенно на никелированных и хромированных);
- 3) повышенная мягкость трубки на спиральном участке в отличие от участка ввода (определяется инструментальным методом).

На подводящих шнурах образуются выраженные признаки оплавления или выгорания изоляции от кипяtilьника. Необходимо также установить, если это возможно, была ли включена вилка шнура кипяtilьника в розетку.

Инструментальное определение признаков работы кипяtilьника со стальным или латунным ТЭНом в аварийном режиме проводится путем исследования микротвердости. Признаком работы кипяtilьника в аварийном режиме является экстремально низкая микротвердость трубки ТЭНа на спиральном участке по сравнению с участком ввода (около ручки, где спирали нет). Разница наблюдается в 1.5 - 2.5 раза. Понижение микротвердости происходит в результате рекристаллизации

холоднодеформированного металла оболочки ТЭНа.

Анализ причастности к возникновению пожаров электроутюгов.

Электроутюг состоит из алюминиевой или чугунной подошвы, в которую залит или запрессован ТЭН. На внутренней стороне подошвы смонтирован биметаллический терморегулятор. Утюги с исправным терморегулятором, при нахождении их в вертикальном положении или на специальной подставке практически пожаробезопасны. При отключенном терморегуляторе и исправной плавкой вставке происходит срабатывание плавких вставок, и электроутюг обесточивается. Электроутюг, включенный в сеть, через 15 минут нагревается до температуры 400–500 °С и если его оставить на деревянной подставке или на ткани, предназначенной для глаженья, произойдет самовоспламенение.

При неисправном или отключенном терморегуляторе утюг по экспериментальным данным работает до разрыва электрической цепи 10 – 36 минут. За это время его подошва разогревается до 500 – 700 °С, что представляет серьезную пожарную опасность.

Признаками аварийных режимов в электрических утюгах являются:

- 1) неисправность или следы аварийных режимов на контактах и терморегуляторе в виде оплавления контактных деталей, сплавление (залипание) контактов;
- 2) локальные повреждения подошвы утюга по форме ТЭНа, стекание подошвы (повреждения присутствуют не только снаружи, но и внутри);
- 3) цвета побежалости на подошве утюга.

Смирнов К.П. приводит пример утюга, изъятого из очага пожара, у которого внутренняя поверхность была покрыта оксидной пленкой окисла черного цвета, в то время как на наружной поверхности оксидная пленка имела сине-голубой цвет. Из этого можно заключить, что внутренняя поверхность была нагрета сильнее наружной, следовательно, источник нагрева был внутри утюга. По подошве утюга цвета побежалости распределялись следующим образом. От периферии к центру цвета менялись в последовательности: черный, синий, голубой, темно-пурпурный, фиолетовый, пурпурный, золотисто-желтый. Т.е. температура

последовательно уменьшалась. Вероятно, причиной такого распределения было тление под подошвой утюга, наиболее активно протекающее по краям, в месте притока окислителя.

Для установления причастности электроутюгов к возникновению пожаров рекомендуется для большей достоверности использование металлографического анализа подошв электроутюгов. Микроструктура подошв утюгов, подвергавшихся нагреву, как в аварийном режиме, так и подвергавшихся внешнему нагреву, имеет при практически аналогичных размерах зерен твердого раствора существенную разницу в форме выделения кремния. Выделение кремния в первом случае имеет по границам зерен пластинчатое строение. Во втором случае пластины кремния раздроблены, скоагулированы и имеют равновесную форму.

Анализ причастности к возникновению пожаров прочих электронагревательных приборов.

Воспламенить сгораемые материалы **электроплитка** может только в случае их попадания на нагретую поверхность. Температура поверхности раскалённой керамики (изоляции спирали) плитки достигает 450-600 °С. Экспериментально установлено, что основание под плиткой нагревается не выше 80 °С. Пожароопасные ситуации могут возникать при разогреве на плитках мастик, красок, других горючих веществ, а также при попадании на нагревательный элемент легковоспламеняемых материалов (бумага, ткани и т.п.). Плитка, даже являясь причиной пожара, будет находиться после него в исправном состоянии.

Электрокамины могут служить источником зажигания при попадании на раскалённую поверхность горючих материалов или их расположении на опасно близком расстоянии от сгораемых материалов.

Электрорадиаторы могут служить источником зажигания при плохом монтаже питающего шнура, в блоке автоматического терморегулятора, при его неисправности.

Электроконвекторы комбинированные могут служить источником зажигания при заклинивании или иной неисправности электродвигателя, попадании на раскалённую поверхность горючих материалов, в случае падения электроконвектора на горючее покрытие

(ковёр).

Электродуховка непосредственной причиной пожара быть не может, но её очень длительная работа может привести к повышенному нагреву электророзетки и питающего шнура.

Приборы приготовления пищи с инфракрасным электронагревателем (тостеры, ростеры, грили, электро шашлычницы, а также электровафельницы и контактные электрогрили) источником зажигания служить практически не могут (крайне маловероятно - в результате неисправности терморегулятора или таймера).

Длительная работа **фена** может привести только к повышению температуры и деформированию пластмассового корпуса. Большое превышение рабочей температуры и перегрев фена возможен при закрытии его всасывающего отверстия. Это может вызвать перегрев обмоток двигателя, воспламенению их изоляции или межвитковому КЗ. В случае остановки двигателя вентилятора из-за перегрева, КЗ или по иным причинам происходит перегрев спирали, и в случае отсутствия или неисправности предохранителя фена, возможно воспламенение корпуса или горючих материалов, находящихся рядом с ним.

При работе **телевизора** происходит нагрев изоляции и, как правило, ее преждевременное старение. Изоляционные материалы нагреваются до температуры выше 60 °С. При старении изоляции повышается вероятность ее электрического пробоя. Следует иметь в виду, что напряжение на некоторых элементах телевизора составляет 15–25 кВ.

В телевизорах не предусмотрена защита, которая отключала бы его при возникновении искры или незначительной электрической дуги в местах паяк проводов и печатных плат. Не все отечественные телевизоры обеспечены устройствами автоматического отключения по окончании телепередач. Работа телевизора без видеосигнала (когда передачи закончены) является ненормальной и может значительно увеличить вероятность возгорания.

Большую пожароопасность представляют радиодетали (конденсаторы, интегральные микросхемы, резисторы), трансформаторы.

В целях профилактики возникновения пожаров необходимо

соблюдать следующие основные правила эксплуатации телевизоров:

- включать телевизор в сеть через стабилизатор напряжения;
- применять стандартные, заводского изготовления предохранители с плавкой вставкой, рассчитанные на ток, соответствующий данному телевизору;
- розетка электросети, в которую включается телевизор, должна быть доступна для быстрого отключения телевизора от сети;
- не следует устанавливать телевизор вблизи приборов отопления и вставлять в мебельную стенку, поскольку при этом ухудшаются условия отвода тепла (вентиляционные отверстия в телевизоре должны быть открытыми);
- нельзя оставлять телевизор во включенном положении без присмотра, позволять детям включать телевизор в отсутствие взрослых;
- после отключения телевизора выключателем, вынуть вилку шнура из штепсельной розетки;
- при неисправностях телевизора (нет изображения, гудение, треск и т. п.) следует сразу же отключить его от сети и вызвать телевизионного мастера.

3.2. Анализ причастности к возникновению пожара иных тепловых источников зажигания

К тепловым источникам зажигания, помимо электронагревательных приборов относятся:

- открытое пламя, раскаленные продукты горения и нагретые ими поверхности;
- тепловые искры;
- тепловыделение при различных механических процессах.

Открытое пламя, раскаленные продукты горения и нагретые ими поверхности

Для производственных целей широко используют огонь, огневые печи, реакторы, факелы для сжигания паров и газов. При проведении

ремонтных работ часто используют пламя горелок и паяльных ламп, применяют факелы для отогревания замерзших труб, костры для прогрева грунта при сжигании отходов. Температура пламени, а также количество тепла, которое при этом выделяется, достаточны для зажигания почти всех горючих веществ.

Открытое пламя.

Пожарная опасность пламени обусловлена температурой факела и временем его влияния на горючие вещества. Воспламенение возможно также и от маломощных источников зажигания, однако при этом горение происходит через стадию тления.

Вещество	T пламени (тления), °C
ЛВЖ и ГЖ	880
Древесина	1000
Газовая сварка металла	3150
Тлеющая папироса	320 - 410
Тлеющая сигарета	420 - 460

Источники открытого огня - факелы - нередко используют для разогрева застывшего продукта, для освещения при осмотре аппаратов в темноте, например, при измерении уровня жидкостей, при разведении костра на территории объектов с наличием ЛВЖ и ГЖ.

Высоконагретые продукты горения - газообразные продукты горения, которые получаются при горении твердых, жидких и газообразных веществ и могут достигать температур 800-1200°C. Пожарную опасность представляет выход высоконагретых продуктов через неплотности в кладке топок, дымовых каналов.

3.3. Анализ причастности к возникновению пожара тепловых искр

Распространенным источником зажигания являются тепловые искры. Тепловые искры по своим размерам часто существенно превышают размеры механических искр. Этим определяется их более высокая пожарная опасность, поскольку энергосодержание в них существенно выше.

Процессами, приводящими к образованию тепловых искр являются:

1) электросварочные работы (образуется большое количество искр в виде расплавленных или раскаленных твердых частиц металла, окалины, флюса, способных разлетаться на большие расстояния). Размер искр электросварки достигает 5 мм. Температура дуги при электросварке достигает 4000 °С, поэтому дуга будет источником зажигания для всех горючих веществ.

2) стационарные и подвижные котельные и другие специальные установки (образуются искры в виде горящих частиц сажи, топлива или накалиных кусочков окалины);

3) аналогичные искры могут образоваться в дымовых трубах локомотивов и пароходов, правда, при использовании жидкого топлива эта опасность сравнительно мала, хотя и не исключена полностью;

4) дымовые трубы отопительных печей (в том числе сельских бань), плит, водогреев, самоваров, а также открытые очаги (костры);

5) двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

При отработке версии о возможности возникновения пожара от тепловых искр необходимо рассматривать сочетание наличия этих процессов и соответствующих пожароопасных материалов или сред, например, скопление твердых горючих материалов, парогазовоздушных сред соответствующей концентрации.

Искры, возникающие при работе топок и двигателей, представляют собой твердые раскаленные частицы топлива или окалины в газовом потоке, которые получают в результате неполного сгорания или механического выноса горючих веществ и продуктов коррозии. Температура такой твердой частицы достаточно высокая, но запас тепловой энергии (W) небольшой из-за маленькой массы искры. Искра способна зажечь только вещества, достаточно подготовленные к горению

(газо-паровоздушные смеси, осевшая пыль, волокнистые материалы).

Топки «искрят» из-за конструктивных недостатков; из-за использования сорта топлива, на который топка не рассчитана; из-за усиленного дутья; из-за неполного сгорания топлива; из-за недостаточного распыления жидкого топлива, а также из-за не соблюдения сроков чистки печей.

Искры и нагар при работе ДВС образуются при неправильном регулировании системы подачи топлива, электрозажигания; при загрязнении топлива смазочными маслами и минеральными примесями; при продолжительной работе двигателя с перегрузками; при нарушении сроков очистки выхлопной системы от нагара.

Пожарная опасность искр котельных, труб паровозов и тепловозов, а также других машин, костра в значительной степени определяются их размером и температурой. Установлено, что искра $d = 2$ мм пожароопасна, если имеет $t \gg 1000^\circ\text{C}$; $d=3$ мм - 800°C ; $d = 5$ мм - 600°C .

3.4. Анализ версий о возникновении пожаров от трения

Пожароопасными тепловыми проявлениями механической энергии являются

- соударение твердых тел (с образованием механических искр);
- поверхностное нагревание трущихся поверхностей во время их взаимного перемещения;
- непосредственно связанное с трением возникновение статического электричества;
- механическая обработка твердых материалов режущим инструментом;
- сжатие газов и прессования пластмасс.

Степень разогрева тел и возможность появления при этом источника зажигания зависит от условий перехода механической энергии в тепловую.

Всякое перемещение соприкасающихся друг с другом тел требует затраты энергии на преодоление работы сил трения. Эта энергия в основном превращается в теплоту. При нормальном состоянии и

правильной эксплуатации трущихся частей машин и механизмов, выделяющееся тепло своевременно отводится специальной системой охлаждения, а также рассеивается в окружающей среде. Увеличение тепловыделения или уменьшение теплоотвода и теплопотерь, ведет к повышению температуры трущихся тел. По этой причине происходит воспламенение горючей среды или материалов от перегрева подшипников машин, сильно затянутых сальников, барабанов и транспортерных лент, шкивов и приводных ремней, волокнистых материалов при наматывании их на валы машин и аппаратов.

Количество теплоты, выделяемое при трении, определяется формулой:

$$Q_{тр} = f \cdot N \cdot l,$$

где: f - коэффициент трения;

N - нагрузка;

l - величина относительного перемещения трущихся тел.

Чем больше эти величины, тем больше количество выделяющейся при трении теплоты. В этом отношении наиболее пожароопасными являются подшипники скольжения сильно нагруженных и высокооборотистых валов. Плохое качество смазки рабочих поверхностей, их загрязнение, перекос валов, перегрузка машин и чрезмерное затягивание подшипников - все это может явиться причиной перегрузки. Очень часто корпус подшипников загрязняется отложениями горючей пыли. Это также создает условия для их перегрева.

На объектах, где применяются или обрабатываются волокнистые материалы происходит их загорание при наматывании на вращающиеся узлы (прядаильные фабрики, льнозаводы, эксплуатация комбайнов). Волокнистые материалы и соломистые продукты наматываются на валы возле подшипников. Наматывания сопровождается постепенным уплотнением массы, а потом сильным нагреванием ее при трении, обугливанием и воспламенением.

В большинстве случаев процессы трения приводят не к слишком большому разогреву деталей машин и механизмов, и их чаще всего

следует воспринимать как маломощный источник зажигания. Заметим однако, что тепловыделение при трении – это процесс, поддерживающийся извне до тех пор, пока аварийная ситуация не закончится полной остановкой оборудования. Поэтому иногда трение может привести и к очень сильно разогреву, что следует учитывать при отработке данной версии.

Версия о возникновении пожара от нагрева при трении может быть выдвинута в том случае, если в очаге пожара находится технологическое оборудование, в котором имеются постоянно трущиеся детали и узлы. При безаварийной работе такого оборудования оно является пожаробезопасным.

Отработка версий о возникновении пожара от тепловыделения при трении сводится к поиску характерных признаков мест трения, на которых происходил перегрев.

К таким признакам относятся:

- 1) выработка металла в месте, где происходит трение;
- 2) полировка трущихся поверхностей и следы высокотемпературного нагрева (цвета побежалости) на ней (рисунок 14);
- 3) заклинивание подшипников;
- 4) следы локального нагрева на агрегатах и окружающих деталях.

Для поиска таких мест после пожара полезно бывает разобрать устройство, в котором произошло загорание, выявить указанные следы, зафиксировать это в протоколе осмотра, а в дальнейшем использовать при обосновании версии о причине пожара.

Что касается горючего вещества, способного загореться от перегрева при трении, то при его установлении следует руководствоваться в основном принципами, применяющимися при отработке версий о **возникновении пожаров через стадию тлеющего горения**. Подробно этот вопрос будет рассмотрен в следующей теме.

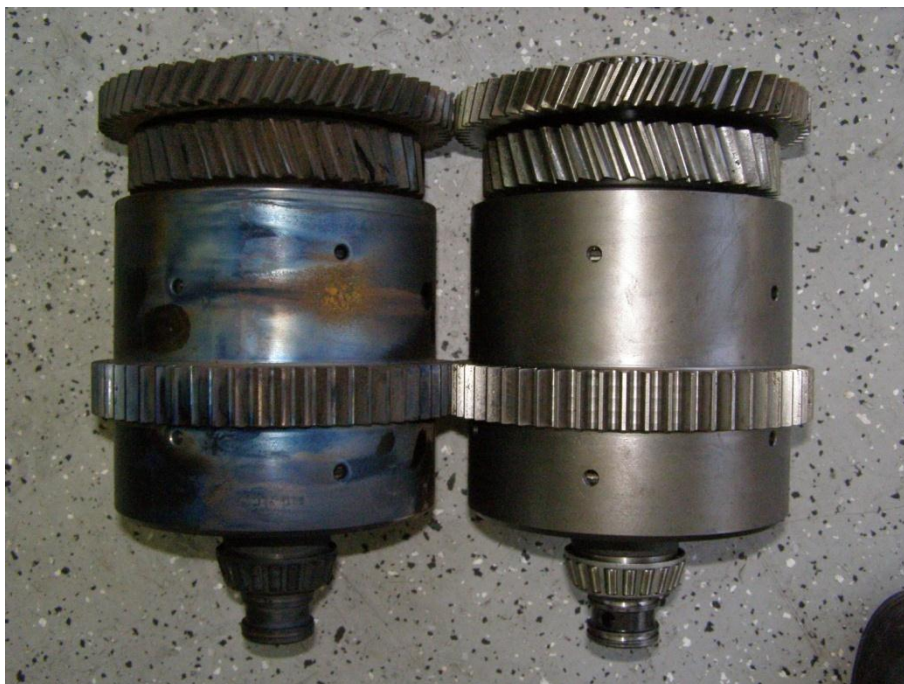


Рисунок 14. Слева муфта извлеченная из трансмиссии трактора со следами побужалости и механических воздействий, справа – муфта без аварийного воздействия.

3.5. Механические искры и анализ их причастности к возникновению пожара

Механические искры - достаточно распространенные источники зажигания. Они образуются при взаимодействии двух материалов при трении или ударе. В связи с этим, механические искры можно подразделить на искры ударные и искры трения. Размеры искр удара и трения представляют собой раскаленную до свечения частичку металла или камня. Их размер обычно не превышает 0,5 мм.

При трении материалов друг о друга микронеровности на их поверхности подвергаются значительной пластической деформации. Точечное нагревание обеих поверхностей и срезание частичек материала в этих микрizonaх приводит к образованию искр трения.

Удар представляет собой динамический, резкий контакт двух элементов. При этом происходит выделение теплоты в результате трения, а оторвавшиеся частички образуют ударную искру (УИ).

Воспламеняющая способность искр возрастает по мере роста энергии удара или при увеличении скорости перемещения объектов

относительно друг друга при трении в пределах до 100 м/сек. Воспламеняющая способность искр трения, как правило, больше, чем искр удара, а сочетание удара и трения особенно опасно.

Искры часто образуются при **попадании в машины инородных металлических или каменных предметов.**

В аппаратах с мешалками, дробилках, аппаратах-смесителях и других, в том случае, если вместе с обрабатываемыми продуктами попадают куски металла или камни, могут образовываться искры. Искры образуются также при ударах подвижных механизмов машин об их неподвижные части. В практике нередко бывает так, что ротор центробежного вентилятора сталкивается со стенками кожуха или игольчатыми и ножевыми барабанами волокноотделительных и трепальных машин, которые быстро вращаются, ударяются о неподвижные стальные решетки. В таких случаях наблюдается искрообразование. Оно возможно и при неправильном регулировании зазоров, при деформации и вибрации валов, изнашивании подшипников, перекосах, недостаточном креплении на валах режущего инструмента. В таких случаях возможно не только искрообразование, но и поломка отдельных частей машин. Поломка узла машины, в свою очередь, может быть причиной образования искр, так как частицы металла попадают при этом в продукт.

Особенностью искр является то, что они не имеют внешних источников пополнения энергии, в отличие от нагретых поверхностей электроприборов и проводов или нагретых трущихся поверхностей, энергия которых пополняется, пока электросеть находится под напряжением или пока трущиеся детали приводятся в движение механизмами. Поэтому зажигающая способность искр определяется только их собственными свойствами, той мощностью, которую они получают при образовании или, иногда, той возможностью увеличения мощности, которая определяется химическим составом материала искры.

Искра пожароопасна, если она обладает температурой и запасом энергии достаточными для возгорания горючих веществ. В частности, уже рассмотренные в предыдущем разделе искры расплавленного никеля,

образующиеся при дуговом разряде между электродами лампы накаливания, имеют при образовании очень высокую температуру, около 1500-2200 °С. Однако из-за их преимущественно небольшого размера они обладают малой мощностью и слабой воспламеняющей способностью.

Обычно, несмотря на высокую температуру, механические искры малой массы также способны отдавать сгораемым материалам незначительное количество энергии, и, в связи с этим, характеризуются малым временем охлаждения до пожаробезопасных температур 200-250 °С. Практически, искры диаметром 0,35 мм (средний размер механических искр), имеют время охлаждения до указанной температуры около 5 сек.

По способности увеличения энергии после своего образования искры разделяют на **искры пассивные и искры активные**.

Пассивные искры могут иметь высокую температуру, которая, все же, ограничивается точками плавления материалов твердых тел, участвующих в соударении. Их температура максимальна в начале образования и быстро снижается во время существования частиц. Поэтому воспламенение такой искрой может осуществиться лишь за короткий промежуток времени при попадании на соответствующие материалы, способные к быстрому воспламенению или склонные к тлению.

Наибольшую опасность представляют **активные искры (пирофорные)**. В этих искрах происходит энергичное окисление раскаленных частиц в воздухе (например, частиц алюминия и магния). Их температура может достигать значений 2000 °С и более (и даже выше, если искры попадают в среду с повышенным содержанием кислорода), следовательно, они могут поджигать почти любые газопаровоздушные и пылевоздушные смеси, способные к воспламенению. Искры, которые получают при ударах алюминиевых тел о стальную окисленную поверхность, приводят к химическому воздействию с выделением значительного количества тепла. Например, очень опасные искры могут образоваться при соударении алюминия со ржавой сталью. При этом может возникнуть термитная реакция. Такое явление может наблюдаться, скажем, если ударить твердым предметом по ржавому железному прутку,

покрытому алюминиевой краской.

Температура искр нелегированных низкоуглеродистых сталей может достигать температуры плавления металла (около 1550 °С). В этом случае, активным элементом искр являются частички углерода.

Отметим, что при соударении или трении со сталью металлов, имеющих более низкую, чем сталь температуру плавления, искрообразование обычно не происходит. Например, при соударении латуни и чистой стали, искр не образуется, в то время как при ударе стали о сталь, искры могут образовываться в значительном количестве. Поэтому в опасных технологических зонах (например, при работе с кислородными баллонами) следует пользоваться бронзовым или латунным инструментом.

Отработка версии о возникновении пожара от механических искр начинается с установления наличия в очаговой зоне процесса, приводящего к возникновению искр.

В промышленных условиях возникновение искр возможно, в частности:

- 1) при работе промышленного оборудования в результате его перегрузки, ударов движущихся частей о неподвижные;
- 2) при попадании в механизмы посторонних предметов, металлических деталей, камней и т.п. (такое возможно в мешалках, мельницах, вентиляторах - посторонние предметы могут оказаться в сырье или образоваться при поломках и повреждениях оборудования);
- 3) при использовании ненадлежащих инструментов для выполнения различных работ.

Следующим этапом отработки версии о причастности к возникновению пожара механических искр является установление горючей среды, воспламенившейся от искры.

Вещества и материалы, практически способные загореться от механических искр, можно разделить на три группы:

- 1) смеси с воздухом и кислородом горючих газов, паров, пылей (в производственных условиях от удара искр воспламеняются ацетилен, этилен, водород, оксид углерода, сероуглерод, метано-

воздушная смесь; пары (диэтилового эфира, ацетона, этилена, метанола); пыли (титановая, циркониевая, магниевая, алюминиевая, пыль серы));

- 2) материалы, склонные к тлению;
- 3) некоторые другие вещества и материалы в условиях повышенного содержания кислорода.

Нужно отметить, что чем больше в смеси кислорода, тем интенсивнее горит искра, тем выше горючесть смеси. Искра, которая летит, непосредственно не воспламеняет пылевоздушной смеси, но, попав на осевшую пыль или на волокнистые материалы, вызовет появление очагов тления. Так на мукомольных, ткацких и хлопкопрядильных предприятиях около 50% всех пожаров возникает от искр, которые высекаются при ударах твердых тел.

3.6. Выделение тепла при сжатии газов

Значительное количество тепла выделяется при сжатии газов в результате межмолекулярного движения. Неисправность или отсутствие системы охлаждения компрессоров может привести к их разрушению при взрыве.

Нагревание газа при адиабатическом сжатии объясняется тем, что во время сжатия над газом производится работа, которая идёт на увеличение его внутренней энергии. А так как внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры, то это увеличение внутренней энергии проявляется в повышении его температуры - средней кинетической энергии неупорядоченного движения молекул. На микроскопическом уровне это означает, что когда поршень сжимает газ, скорость, с которой молекула отразится от поршня, будет больше её начальной скорости. Поэтому при отражении от поршня она получит дополнительную энергию, которая постепенно перераспределится между всеми молекулами газа за счёт их взаимных столкновений.

Сжатие газов широко применяют в технологических процессах транспортировки газов, при производстве этилового спирта из этилена, где $P_{раб} = 10$ МПа (100 ат), полиэтилена методом высокого давления, где $P_{раб} = 150-200$ МПа (1500—2000 ат), при получении сжатого воздуха и т. п.

Сущность нагревания газов при сжатии в компрессорах заключается в том, что в результате изменения (уменьшения) первоначального объема газообразных тел затрачивается механическая энергия на преодоление межмолекулярных сил трения (на нарушение динамического равновесия между силами гравитационного и электромагнитного полей). Вследствие этого выделяется тепло, которое расходуется на нагревание сжимаемого газа и самого компрессора.

Основными причинами перегрева газов и компрессоров являются:

- нарушение материального баланса (уменьшение расхода газа в системе или увеличение подачи компрессора) ;

- снижение интенсивности отвода тепла из зоны сжатия (уменьшение расхода или полное прекращение подачи хладагента в холодильники, подача хладагента с завышенной температурой, загрязнение теплообменной поверхности холодильников).

Предупреждение перегрева компрессоров при сжатии газов:

- разделение процесса сжатия газов на несколько ступеней, если по условиям технологии требуется 4 - 5-кратное сжатие;
- устройство систем охлаждения газа на каждой ступени сжатия;
- установка предохранительного клапана на нагнетательной линии за компрессором;
- автоматический контроль и регулирование температуры сжимаемого газа путем изменения расхода охлаждающей жидкости, подаваемой в холодильники;
- оборудование автоматической системой блокировки, обеспечивающей отключение компрессора в случае увеличения давления или температуры газа в нагнетательных линиях;
- очистка теплообменной поверхности холодильников и внутренних поверхностей трубопроводов от нагарообразных отложений.

3.7. Статическое электричество и анализ его причастности к возникновению пожара

Электризация диэлектриков трением может возникнуть при соприкосновении двух разнородных веществ из-за различия атомных и молекулярных сил. При этом происходит перераспределение электронов с образованием на соприкасающихся поверхностях электрических слоёв с противоположными знаками электрических зарядов. Полученная разность потенциалов соприкасающихся поверхностей зависит от ряда факторов — диэлектрических свойств материалов, значения их взаимного давления при соприкосновении, влажности и температуры поверхностей этих тел,

климатических условий. При последующем разделении этих тел каждое из них сохраняет свой электрический заряд, а с увеличением расстояния между ними за счет совершаемой работы по разделению зарядов, разность потенциалов возрастает и может достигнуть десятков и сотен киловольт.

Накопители минус заряда - полиэтиленовые пакеты, полистирольный пенопласт, человеческое тело при хождении по шерстяному ковру, пластмассовая расческа.

Накопители плюс заряда - сухая полиуретановая монтажная пена, если её сжать рукой, волосы при расчесывании пластиковой расческой.

Когда человек, тело которого наэлектризовано, дотрагивается до проводника накопленный заряд разряжается, а человек получит легкий удар током.

Электростатический разряд происходит при очень высоком напряжении и чрезвычайно низких токах. Простое расчесывание волос в сухой день может привести к накоплению статического заряда с напряжением в десятки тысяч вольт, однако ток его освобождения будет настолько мал, что его зачастую невозможно будет даже почувствовать. Именно низкие значения тока не дают статическому заряду нанести человеку вред, когда происходит мгновенный разряд.

С другой стороны такие напряжения могут быть опасны для элементов различных электронных приборов - микропроцессоров, транзисторов и т.п. Поэтому при работе с радиоэлектронными компонентами рекомендуется принимать меры по предотвращению накопления статического заряда

При отработке версии о возникновения пожара от статического электричества прежде всего необходимо убедиться в наличии на месте пожара процесса, приводящего к накоплению зарядов статического электричества

К процессам, сопровождающимся возникновением статического электричества, относятся:

- 1) движение газонефтяной смеси в стволе скважины;
- 2) транспортировка жидких диэлектриков по трубопроводам;

- 3) заполнение или опоражнивание резервуара нефтепродуктами;
- 4) свободное падение струи или бурное перемешивание нефтепродуктов;
- 5) производство резинового клея в клеешалках (разряды не могут перейти на заземленный корпус, т.к. на внутренней поверхности корпуса образуется сухая пленка клея);
- 6) промазка резиновым клеем хлопчатобумажных, капроновых и вязких тканей на промазочных машинах;
- 7) работа ткацких, прядильных станков (при движении нити по металлической поверхности);
- 8) движение бумаги (на бумагоделательных машинах, в типографиях, в светокопировальных машинах);
- 9) производство различных видов пластмасс;
- 10) движение газов по воздуховодам (особенно, если в газе имеются взвешенные твердые частицы);
- 11) работа с промывочными жидкостями;
- 12) споласкивание обтирочных материалов в промывочной жидкости;
- 13) отжимание обтирочных материалов;
- 14) эксплуатация ременных трансмиссионных передач;
- 15) ношение одежды из капрона, нейлона, лавсана, шелка.

В пневмотранспорте электризация транспортируемых частиц происходит на всем протяжении линии, а разряд - в емкостях (бункерах, циклонах и др.), где вследствие оседания частиц резко увеличивается объемная плотность зарядов, что приводит к увеличению напряженности электрического поля до высоких значений.

После выявления процесса или явления, способного привести к образованию статического электричества необходимо выявить наличие горючего материала, способного воспламениться от его разрядов.

Средой, способной воспламениться от разрядов статического электричества является газопаровоздушная или пылевоздушная смесь в концентрации, соответствующей пределам воспламенения.

Вероятность возгорания очень велика на полиграфических и других предприятиях, где используются легковоспламеняющиеся растворители.

В опасных зонах наиболее распространенными источниками возгорания являются незаземленное оборудование и подвижные проводники. Если на операторе, находящемся в опасной зоне, надета спортивная обувь или туфли на токонепроводящей подошве, существует риск, что его тело будет генерировать заряд, способный спровоцировать возгорание растворителей. Незаземленные проводящие детали машин также представляют опасность.

Способность разряда провоцировать возгорание зависит от многих переменных факторов:

- типа разряда;
- мощности разряда;
- источника разряда;
- энергии разряда;
- наличия легковоспламеняющейся среды (растворителей в газовой фазе, пыли или горючих жидкостей);
- минимальной энергии воспламенения (МЭВ) легковоспламеняющейся среды.

Типы разряда

Существует три основных типа – искровой, кистевой и скользящий кистевой разряды. Коронный разряд в данном случае во внимание не принимается, т.к. он отличается невысокой энергией и происходит достаточно медленно. Коронный разряд чаще всего неопасен, его следует учитывать только в зонах очень высокой пожаро- и взрывоопасности.

Искровой разряд

В основном он исходит от умеренно проводящего, электрически изолированного объекта. Это может быть тело человека, деталь машины или инструмент. Предполагается, что вся энергия заряда рассеивается в момент искрения. Если энергия выше МЭВ паров растворителя, может произойти воспламенение.

Кистевой разряд

Кистевой разряд возникает, когда заостренные части деталей

оборудования концентрируют заряд на поверхностях диэлектрических материалов, изоляционные свойства которых приводят к его накоплению. Кистевой разряд отличается более низкой энергией по сравнению с искровым и, соответственно, представляет меньшую опасность в отношении воспламенения.

Скользкий кистевой разряд

Скользкий кистевой разряд происходит на листовых или рулонных синтетических материалах с высоким удельным сопротивлением, имеющих повышенную плотность заряда и разную полярность зарядов с каждой стороны полотна. Такое явление может быть спровоцировано трением или распылением порошкового покрытия. Эффект сравним с разрядкой плоского конденсатора и может представлять такую же опасность, как искровой разряд.

Источник и энергия разряда.

Величина и геометрия распределения заряда являются важными факторами. Чем больше объем тела, тем больше энергии оно содержит. Острые углы повышают мощность поля и поддерживают разряды.

Если объект, имеющий энергию, не очень хорошо проводит электрический ток, например, человеческое тело, сопротивление объекта будет ослаблять разряд и понижать опасность. Для человеческого тела существует эмпирическое правило: считать, что любые растворители с внутренней минимальной энергией воспламенения менее 100 мДж могут воспламениться несмотря на то, что энергия, содержащаяся в теле, может быть выше в 2 – 3 раза.

Минимальная энергия воспламенения растворителей и их концентрация в опасной зоне являются очень важными факторами. Если минимальная энергия воспламенения ниже энергии разряда, возникает риск возгорания.

Иногда, в случае повышенного содержания кислорода (например, в медицинской барокамере) от статического электричества могут воспламениться твердые горючие материалы.

Следующими шагами при отработке данной версии являются выяснения условий, при которых произошел пожар.

При предположении, что причиной пожара был электростатический разряд, необходимо проверить:

- 3) заземление изолированных проводников;
- 4) влажность и степень ионизации воздуха (электрические разряды могут взаимно нейтрализоваться вследствие некоторой электропроводности влажного воздуха или его ионизации; при влажности воздуха более 85 % статическое электричество практически не возникает);
- 5) характер возникновения горения от разрядов статического электричества очень динамичный, сопровождается вспышкой или взрывом.

Атмосферное электричество.

В результате движения воздушных потоков, насыщенных водяными парами, образуются грозовые облака, являющиеся носителями статического электричества. Электрические разряды образуются между разноименными заряженными облаками или, чаще, между заряженным облаком и землей. При достижении определенной разности потенциалов происходит разряд молнии между облаками или на земле.

К разрядам атмосферного электричества относятся:

- Прямые удары молнии. Опасность прямого удара молнии состоит в контакте горючей среды с каналом молнии, температура в котором достигает 2000°C при времени действия около 100 мкс. От прямого удара молнии воспламеняются все горючие смеси.
- Вторичные проявления молнии - искровые разряды, возникающие в результате индукционного и электромагнитного влияния атмосферного электричества на производственное оборудование, трубопроводы и строительные конструкции. Энергия искрового разряда превышает 250 мДж и достаточна для воспламенения некоторых горючих веществ (с минимальной энергией зажигания 0,25 Дж).

Занос высокого потенциала в здание происходит по металлическим коммуникациям не только при их прямом поражении молнией, но и при

расположении коммуникаций в непосредственной близости от молниеотвода. При несоблюдении безопасных расстояний между молниеотводом и коммуникациями, энергия возможных искровых разрядов достигает значений 100 Дж и больше. То есть достаточна для загорания практически всех горючих веществ.

3.8. Особенности развития пожаров, начинающихся со стадии тлеющего горения

Иногда, особенно в прежние годы источники зажигания малой мощности принято было называть низкокалорийными. Однако, калория - это единица измерения энергии, а зажигающая способность определяется не столько энергией потенциального источника зажигания, сколько количеством этой энергии, выделяемым в единицу времени, т.е. мощностью.

Среди источников зажигания малой мощности лидирующее место по количеству возникающих пожаров занимают тлеющие табачные изделия, или попросту говоря окурки. Вообще, тлеющее горение - это обязательная стадия при возникновении пожара от источников зажигания малой мощности (ИЗММ). Впоследствии эта стадия может перейти или не перейти в стадию пламенного горения.

Тление представляет собой низкотемпературное диффузионное горение пористого слоя твердых горючих материалов (или жидких горючих материалов на твердых носителях), не сопровождаемое появлением открытого пламени.

Как и при отработке иных версий о причине пожара, в **версии о маломощном источнике зажигания** необходимо отыскать сам источник зажигания. Однако при отработке данной версии на первый план выходит поиск специфического горючего материала, который мог бы от данного источника загореться. Поэтому, важнейшими задачами расследования пожара при наличии источника зажигания малой мощности являются:

- 1) установление источника зажигания;
- 2) выявление материалов, способных к тлеющему горению;

- 3) установление условий, при которых возможен процесс тления;
- 4) выяснение динамики развития горения и возможности перехода от тления к пламенному горению.

В случае тлеющего табачного изделия первая стадия работ отпадает, поскольку искать на месте пожара тот самый окурок, от которого началось горение занятие бессмысленное (хотя некоторые учебники криминалистики и советуют это делать).

Теплота сгорания горючих материалов в режиме тления реализуется не полностью, в связи с этим, опасность тления как такового с точки зрения теплового воздействия существенно ниже, чем при пламенном горении.

С другой стороны, неполное сгорание материалов при тлении является причиной образования значительного количества продуктов неполного окисления, являющихся, как правило, более токсичными, по сравнению с высшими окислами, а также способными к дальнейшему горению уже в виде газоздушных смесей. При этом возникают опаснейшие вторичные процессы на пожаре, такие, как пробежка пламени, общая вспышка, могущие привести и к образованию вторичных очагов горения. Часто такие пожары сопровождаются взрывами.

Наличие на месте пожара двух очагов горения не всегда является признаком поджога. Вторичный очаг может, в частности, возникнуть и от воспламенения газоздушной смеси продуктов неполногосгорания с воздухом. И это обстоятельство необходимо обязательно учитывать при расследовании пожаров, в особенности, если в динамике пожара выявляется стадия тления.

Еще одна опасность тлеющего горения заключается в его относительной скрытности. И если до возникновения пожара тление может проявиться в виде дыма или запаха, о чем необходимо узнать при опросе очевидцев, то сразу после пожара такие факторы уже не очень-то обращают на себя внимание. Между тем, часто возможно продолжение тлеющего горения после, казалось бы, полной ликвидации пожара, в особенности в балках междуэтажных перекрытий, во внутренних частях деревянных стен. Это может привести к вторичному пожару, а при

расследовании такого случая снова может напроститься вывод о поджоге.

Выявление материалов, способных к тлению.

Решающим фактором, определяющим возможность возникновения пожара через стадию тления, являются способность к тлению материала, оказавшегося в контакте с маломощным источником зажигания.

Только пористые материалы, которые при нагревании образуют твердый углистый остаток могут претерпевать самостоятельно поддерживаемое тлеющее горение.

Круг веществ, способных к тлению весьма широк: торф, угольная пыль, древесные опилки, сено, травяная мука, отруби, мучная пыль, многие ткани и другие текстильные изделия (ленты, шнуры и т.д.), бумага, табак и табачные изделия, некоторые теплоизоляционные материалы, прокладочные материалы (например, пенополиуретан - основной компонент современной мягкой мебели), вата, бумага, древесноволокнистые плиты.

Некоторые виды горючих материалов способны как к тлению, так и к пламенному горению, другие могут тлеть, но не способны устойчиво пламенно гореть или наоборот.

Кроме природы материала, способность к тлению очень существенно определяется его структурой (пористостью). Практически невероятной следует считать версию о возникновении пожара через стадию тления от маломощного источника зажигания непокрытой поверхности деревянного стола или пола, крыши, покрытой рубероидом или пола, покрытого поливинилхлоридным линолеумом. А вот окуроч, попавший в древесную щепу или опилки, может привести к их тлению.

Рассмотрим некоторые материалы, особо склонные к тлению.

Слои мелкодисперсных горючих материалов. Такого рода материалы, например, **древесные опилки, сухой торф** и др., весьма склонны к тлению.

Существует минимальная толщина слоя, меньше которой материал не склонен к распространению тления из-за большой поверхности теплоотвода. Эта характеристика существенно уменьшается при продувке материала воздухом. Д. Драйздейл указывает, что сосновые опилки

диаметром 1 мм, при скорости воздуха 2 м/сек. имеют критическую толщину слоя - 2 мм; при скорости воздуха 1 м/сек. - 10 мм; при отсутствии движения воздуха - 30 мм. У пробковых опилок диаметром 0,5-3,6 мм критическая толщина слоя составляет 12-96 мм. При толщине слоя опилок меньше указанных значений тление не происходит. Данное обстоятельство, как показывает практика, иногда оказывается существенным при анализе версий о возникновении горения и возможности его распространения по слою пыли, опилок и тому подобных материалов. Верхнего предела высоты слоя непрерывно тлеющего мелкодисперсного материала, по-видимому, не существует.

Целлюлозные материалы. Чистая целлюлоза мало склонна к тлению. Гораздо больше склонны к этому хлопок и вискоза.

Латексная резина. Легко поддается тлеющему горению. При этом выделяется большое количество горючих летучих компонентов. Д. Драйдел упоминает о взрывах складов с военным имуществом в Лондоне, произошедших в результате накопления газообразных горючих продуктов пиролиза, образовавшихся в результате длительного тления матрацев с латексной резиной.

Кожи. Кожи растительного дубления, производимые по старинным технологиям, не тлеют. Кожи хромового дубления, прошедшие обработку соответствующими химреактивами, тлеют. Это обстоятельство приводило к неоднократным загораниям на кожевенных предприятиях.

Пенополиуретаны (ППУ). Мягкие ППУ, используемые, в частности, при изготовлении мягкой мебели, способны к тлению. Одни сорта тлеют в изолированных условиях. Другие - только в контакте с тлеющими материалами.

Пенофенолпласты. Эти материалы подвергаются процессу, называемому тлеющим гниением. Возникнув от источника зажигания малой мощности (например, окурка), он может продолжаться до тех пор, пока процессом не будет охвачен весь образец. Дым при этом почти не образуется, а летучие газообразные продукты распада обладают приятным антисептическим запахом, что затрудняет раннее обнаружение таких пожаров.

Выявление возможности осуществления условий, необходимых для тлеющего горения.

Для устойчивости тлеющего горения, помимо пористости материала, должны быть выполнены, по крайней мере, два условия:

- 1) достаточно высокая скорость подвода окислителя к зоне реакции;
- 2) малые теплотери из зоны реакции.

Эти два условия вроде бы противодействуют друг другу. В самом деле, активная аэрация способствует увеличению теплоотвода. Значит, условия для тления могут реализовываться в достаточно специфичных случаях.

Сочетание указанных условий может осуществляться в краевых зонах соприкосновения различных предметов, один из которых (или оба) склонны к тлеющему горению. Это могут быть щели между спинкой и сидением кресла, обрывки бумаги в мусорной корзине и т.п.

Особый случай составляет **тление горючих жидкостей**. Жидкость в массе своей не способна к гетерогенному горению. Однако если горючая жидкость пропитала жесткий пористый материал, то она становится способной к тлению. Примером может служить теплоизоляция (обшивка) вокруг трубопроводов, по которым движется жидкость при различных высокотемпературных процессах в химических установках и на нефтеперерабатывающих заводах. Обычно материал обшивки является несгораемым, но в случае неисправности трубопровода, при слабой утечке горючей жидкости изоляционный материал пропитывается ею. При определенных условиях такой материал может самовоспламениться или начать тлеть от маломощного источника зажигания. Условия тления, при этом, следующие:

- 1) жидкость должна быть недостаточно летуча, чтобы не происходило ее быстрого испарения;
- 2) обшивка должна быть достаточно пористой, позволяющей кислороду свободно соприкасаться с поверхностью впитываемой жидкости;
- 3) утечка должна проходить не настолько быстро, чтобы заполнить все поры материала обшивки, исключив тем самым возможность

проникновения кислорода между порами.

Пожары такого рода могут развиваться незаметно в течение длительного времени и обнаруживаются только, когда утечка увеличивается до таких размеров, что вся обшивка вспыхивает.

Выяснение динамики процесса тления. Скорость и температура тления. Переход от тления к пламенному горению.

Существует несколько эмпирических закономерностей, касающихся скорости распространения тления:

- Скорость распространения тления вверх имеет тенденцию превосходить скорость распространения в горизонтальном направлении.
- Скорость тления возрастает с увеличением концентрации кислорода.
- Скорость тления уменьшается с увеличением влажности материала.

Температура тления в 2-2,5 раза ниже обычных температур диффузионного горения твердых горючих на воздухе. Ни в одном из экспериментов не зафиксирована температура тления, превышающая 600 °С. Обычно, она находится в пределах 150-400 °С, редко 500 °С.

Пламенное горение может установиться на поверхности твердого вещества лишь в том случае, если скорость выделения летучих продуктов превзойдет определенную критическую скорость. Для достижения температур, необходимых для этого требуется большое количество времени. Обычно это составляет не менее 4-5 часов.

Тление указанных выше материалов может возникнуть не только от маломощных, но и от относительно мощных источников зажигания, например искр и раскаленных частиц сварки, контакта с нагретой поверхностью, воздействия открытого огня. Тление может начаться в результате самовозгорания. Наконец, стадией тления может в условиях недостатка кислорода закончиться пламенное горение.

Таким образом, *тление возможно и без маломощного источника зажигания*, а вот обратный ход событий, то есть *возникновение пожара от маломощного источника зажигания без тления*, как

промежуточного процесса перед пламенным горением, произойти не может.

3.9. Анализ причастности к возникновению пожара тлеющих табачных изделий

Одним из распространенных тепловых источников возникновения пожара является тлеющее табачное изделие. Наибольшее количество пожаров по этой причине происходит в жилых домах, квартирах, бытовых, производственных и складских помещениях, в местах применения твердых горючих материалов. Пожары от тлеющих табачных изделий характеризуются длительным временем развития и часто происходят в первую половину ночи, причем гибель людей в этом случае наступает не от термических повреждений, а от отравления продуктами тления.

Тлеющие табачные изделия относятся к маломощным источникам зажигания. Их пожарная опасность определяется температурой и временем тления. Температура в зоне тления табачных изделий и их тлеющая способность зависят от теплофизических свойств табака и бумаги, а также от интенсивности подвода окислителя к зоне тления.

Способность бумаги к тлению определяется её пористостью, которая определяется содержанием в ней льняного волокна. Чем больше льняного волокна, тем лучше тлеющая способность. Сигареты высшего качества и сорта изготавливаются из высокотлеющей бумаги, содержащей до 100% льняного волокна, и обладают хорошей тлеющей способностью. Такие табачные изделия имеют длительность тления в пределах 18-27 мин. Сигареты второго сорта и папиросы первого сорта менее склонны к этому процессу и тлеют всего 4-5 мин. Тление табачных изделий изготовленных с применением слаботлеющей бумаги, как правило, самопроизвольно прекращается.

Температура в месте контакта тлеющих табачных изделий с твердыми горючими материалами достигает 400-540 °С, а тепловой поток от тлеющей сигареты составляет 6,7-13,3 Вт.

С одной стороны, приведенные теплофизические показатели свидетельствуют о возможности возникновения горения. Например, температура воспламенения большинства сортов древесины составляет 240-260 °С, а температура самовоспламенения – около 400 °С. Однако, продолжительность теплового воздействия от максимальной температуры до 300 °С в месте контакта тлеющего табачного изделия с материалом составляет 2-4 минуты. При этом выделяется 800-3200 Дж. Этого тепла достаточно для нагрева до появления первых признаков тления только пористых материалов, обладающих хорошими тлеющими свойствами и явно мало для того, чтобы прогреть монолитную древесину и обеспечить необходимую для воспламенения концентрацию горючих паров.

К материалам, не обладающим склонностью к возгоранию от тлеющих табачных изделий, относятся плотные массивные изделия, а также термопластичные полимеры.

Причастность тлеющего табачного изделия к возникновению пожара устанавливается:

- 1) путем исключения других версий;
- 2) по наличию комплекса условий, необходимых и достаточных для возникновения горения от данного источника;
- 3) по характерной для источников малой мощности динамике развития горения;
- 4) по наличию характерных признаков низкотемпературного пиролиза (тления) на окружающих конструкциях и предметах.

С достаточной уверенностью можно говорить о данной причине, как наиболее вероятной, только в случае положительного ответа, по крайней мере, по первым трем, а еще лучше - по всем четырем пунктам.

Условия, необходимые и достаточные для возникновения горения от тлеющего табачного изделия сводятся к следующему.

Зажигающая способность тлеющего табачного изделия зависит от его положения на материале. При нахождении источника зажигания внутри материала, то есть при заглублении, на элементарную площадку поверхности материала воздействует большее количество тепла, чем при

нахождении его на поверхности, так как в первом случае все тепло расходуется на нагревание материала и его возгорание.

Оказывает влияние на зажигающую способность тлеющих табачных изделий и воздействие воздушного потока. Приток воздуха в зону тления приводит к повышению температуры тления, в том числе и в месте соприкосновения источника с горючим материалом.

Характерная для маломощных источников **динамика** пожара проявляется в, как правило, достаточно длительном периоде скрытого развития. Обычно от момента занесения источника до возникновения пламенного горения проходит 3-4 ÷ 6 часов, а иногда 12 часов и более. В этом существенное отличие от пожаров, вызванных достаточно мощным источником зажигания, например электрической дугой, и уж, тем более, от поджогов с применением инициаторов горения. Таким образом, если достаточно интенсивное горение обнаружено через 10-20 минут после того, как люди покинули помещение, возникновение горения от тлеющего табачного изделия очень маловероятно.

Вялотекущий процесс тления может продолжаться сутками. Известен случай, когда на одном из предприятий цех закрыли и опечатали 30 апреля, а горение обнаружили утром 5 мая (т.е. через 5 суток), когда после праздников персонал пришел на работу. Горение происходило в выгородке, где сидели мастера цеха, на площади 2-3 квадратных метра, в зоне, где стоял двухтумбовый письменный стол. От стола остались практически только ножки, при этом, однако, на двух столах, стоящих в метре от него, лишь потемнело лаковое покрытие. Стало ясно, что пламенного горения в данном случае не было, стол просто истлел.

Источником зажигания явился, вероятнее всего, непотушенный окуроч, оставленный перед праздником внутри стола, в одном из ящиков (на производстве было категорически запрещено курить и окурки прятали в стол). Материалы, склонные к тлению, в столе имелись в избытке.

Характерные следы тления на конструкциях и предметах.

Промежуточной стадией перед возникновением пламенного горения от источника зажигания малой мощности является стадия тления. Происходит оно в небольшой по размеру, локальной зоне и если

продолжается в течение более-менее значительного времени, то возникают достаточно глубокие термические поражения (обугливание, выгорания) в локальной, четко выраженной зоне. Тепловое воздействие при тлении на конструкции и предметы, расположенные вне очаговой зоны, при этом минимальное, поэтому их термические поражения могут быть значительно менее выражены. Такие зоны могут проявляться на сгораемых покрытиях пола и стен, если тлеют насыпанные на них или рядом с ними материалы, на матрасе или сидении кресла, на которые уронили сигарету. Если пожар не запущен, то выгоревшая зона имеет при этом четко очерченный контур, с хорошо выраженной границей горевшего и негоревшего материала. На окружающих предметах, даже близко расположенных, признаки термических поражений слабо выражены или их нет вообще. При развившемся пожаре эти признаки частично нивелируются, сглаживаются, но до определенного времени все же выявляются визуальным осмотром.

Инструментальные методы для установления причастности источника зажигания малой мощности к возникновению пожара, к сожалению, на сегодня очень ограничены. В арсенале эксперта имеется лишь возможность выявления зон тления (низкотемпературного пиролиза) методами исследования электросопротивления обугленных остатков древесины и полимерных материалов.

3.10. Версии о возникновении пожара в результате протекания процессов самовозгорания

Самовозгорание - возникновение горения в результате самонагрева горючих твердых материалов, вызванного самоускорением в них экзотермических реакций. Самовозгорание возможно в случаях, когда тепловыделение в ходе реакций больше теплоотвода в окружающую среду. Самовозгорание и самовоспламенение по физической сущности сходны и различаются лишь видом горения. Самовоспламенение возникает только в виде пламенного горения.

Развитие самовозгорания следует рассматривать, как проявление двух существенно отличающихся друг от друга этапов. Этап накопления тепла, когда горения еще не происходит, и этап собственно горения, которое часто проходит стадию тления. (Часто, но не всегда, в отличие от возникновения горения от маломощного источника зажигания). Первый этап будем называть инициацией, или, поскольку отсутствует внешний источник зажигания, этапом зарождения источника зажигания.

Начало самовозгорания характеризуется температурой самонагрева ($T_{сн}$), представляющей собой минимальную в условиях опыта температуру, при которой обнаруживается тепловыделение. При достижении в процессе самонагрева определенной температуры, называемой температурой самовозгорания ($T_{своз}$), возникает горение материала, проявляющееся либо тлением, либо пламенным горением. В последнем случае $T_{своз}$ адекватна температуре самовоспламенения ($T_{св}$), под которым понимают возникновение горения азотистых жидкостей при нагревании до некоторой критической температуры. В принципе самовозгорание и самовоспламенение по физической сущности сходны и различаются лишь видом горения. Самовоспламенение возникает только в виде пламенного горения.

Процессы, происходящие при самовозгорании образцов горючего материала, изображены на рисунке 15. При температурах до $T_{сн}$ (напр., T_1) материал нагревается без изменений (тепловыделение отсутствует). При достижении $T_{сн}$ в материале происходят экзотермические реакции.

Последние в зависимости от условий накопления теплоты (масса материала, плотность упаковки его атомов и молекул, продолжительность процесса и т.д.) могут после периода небольшого самонагрева по исчерпанию компонентов материала, способных саморазогреться, завершиться охлаждением образца до начальной температуры термостата (кривая 1) либо продолжать самонагреваться вплоть до $T_{своз}$ (кривая 2). Область между $T_{сн}$ и $T_{своз}$ потенциально пожароопасна, ниже $T_{сн}$ безопасна.

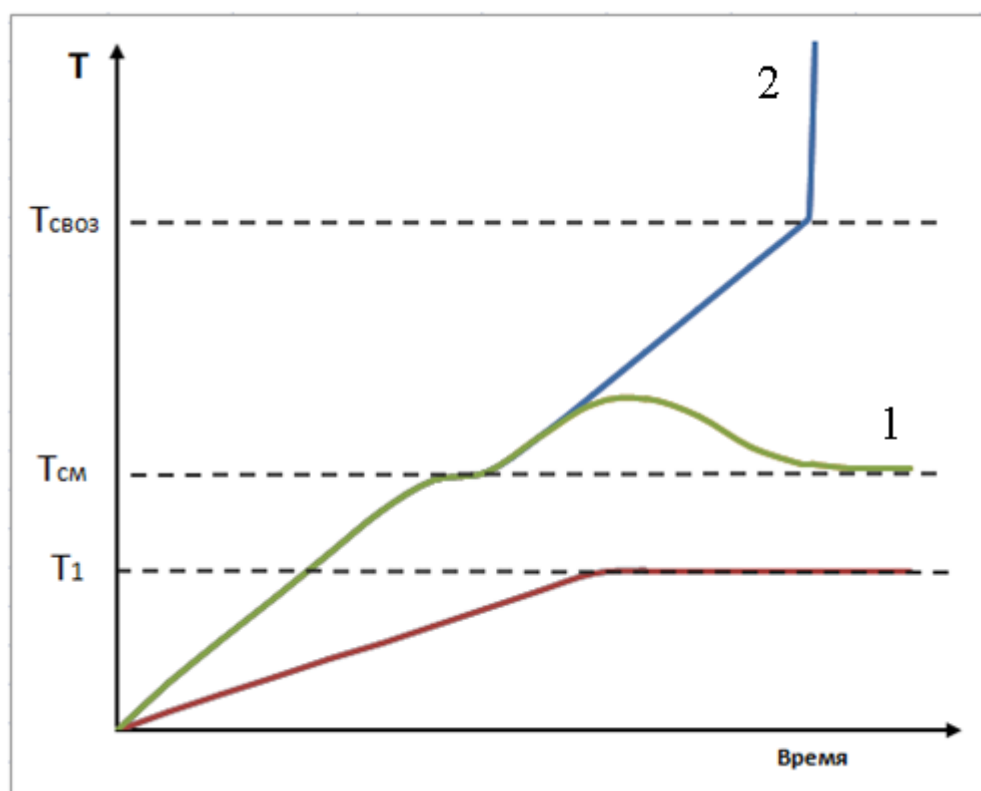


Рисунок 15 Изменение температуры T во времени τ в термостатированных образцах горючего материала.

В случае самовоспламенения самонагревание развивается в пределах всего нескольких градусов и поэтому не учитывается при оценке пожаровзрывоопасности газов и жидкостей. При самовозгорании область самонагрева может достигать нескольких сотен градусов (например, для торфа от 70 до 225 °С). Вследствие этого явление самонагрева всегда учитывается при определении склонности твердых веществ к самовозгоранию.

В зависимости от природы первоначального процесса, вызвавшего самонагревание материала, и значений $T_{сн}$ различают химическое, микробиологическое и тепловое самовозгорание.

Тепловое самовозгорание происходит при нагреве веществ на воздухе и выражается в аккумуляции материалом тепла, в процессе которого происходит самонагревание материала. На практике чаще всего проявляются комбинированные (тепловые и химические) процессы самовозгорания.

Для различия этих процессов к случаю химического самовозгорания отнесем только самовозгорание веществ, проявляющееся сразу в пламенном горении и обусловленное протеканием химических реакций при взаимодействии различных веществ друг с другом, одно из которых является сильным окислителем.

Понятие тепловое самовозгорание не обязательно подразумевает влияние внешнего источника тепла на материал, этот процесс может, в принципе, в определенных условиях начаться и без внешнего нагрева, а только за счет экзотермической реакции внутри массы вещества, инициированной при обычных температурах окружающей среды. Так, наиболее низкая температура, при которой на практике было отмечено начало процесса самовозгорания масел и жиров, составляла 10-15 °С.

Отработка версии о тепловом самовозгорании.

1. Устанавливается, что очаг расположен в массе материала, а не на его поверхности, в противном случае версию о тепловом самовозгорании можно сразу отвести.

Основная особенность теплового самовозгорания, как, впрочем, и микробиологического заключается в том, что горение начинается в глубине материала, где наиболее ярко проявляются эффекты самонагревания. Это вызывает волну тления вещества, которая медленно распространяется к внешним слоям вещества. Поэтому, расположение очага в массе материала, ближе к центру массива (где теплопотери наименьшие), а не на его поверхности, является важным квалификационным признаком процесса теплового и микробиологического самовозгорания. И в этом состоит

принципиальное отличие возникновения горения, вследствие самовозгорания, от схожего с ним по многим параметрам процесса зажигания маломощным источником.

2. Устанавливается, находился ли в очаговой зоне материал, склонный к тепловому самовозгоранию;

3. Устанавливается возможность самовозгорания выявленного материала в условиях, имевших место до пожара, что должно быть подтверждено результатами специальных испытаний.

Возможность самовозгорания материала, находящегося в потенциально пожароопасной области, устанавливают с помощью уравнений:

$$\lg T_{\text{окр}} = A_1 - n_1 \lg l \quad [1]$$

$$\lg T_{\text{окр}} = A_2 - n_2 \lg \tau \quad [2]$$

где $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, °С;

l – определяющий размер (обычно толщина) материала;

τ – время, в течение которого может произойти самовозгорание;

A_1, n_1 и A_2, n_2 – коэффициенты, определяемые для каждого материала по опытным данным (таблица 2).

По уравнению (1) при заданном l находят $T_{\text{окр}}$, при которой может возникнуть самовозгорание данного материала, по уравнению (2) при известной $T_{\text{окр}}$ величину τ . При температуре, ниже вычисленной $T_{\text{окр}}$, или при τ , меньшем, чем время, рассчитанное по уравнению (2), самовозгорание не произойдет.

Для реализации самовозгорания горючих твердых веществ или жидкостей в дисперсном состоянии необходимо выполнение трех условий. Главное из них:

1) материал по своему химическому составу должен быть способен к вступлению в низкотемпературную экзотермическую реакцию (окисление, термодеструкция).

Таблица 2 Параметры уравнений, характеризующих самовозгорание

материал	$T_{сн}$	$T_{своз}$	A_1	n_1	A_2	n_2
войлок строительный	80	285	2,783	0,279	2,350	0,140
дермантин	40	165	2,530	0,230	2,160	0,090
ДВП (изоляционные)	80	225	2,646	0,207	2,381	0,075
картон (кровельный)	100	278	2,575	0,159	2,334	0,142
торф (фрезерный)	70	225	2,778	0,264	2,396	0,180
хлопок	120	205	2,547	0,140	2,332	0,057
сено (влажность 7,5 %)	70	204	2,515	0,109	2,311	0,058
силос (зеленые части растений)	70	265	2,572	0,182	2,200	0,113

Другие два условия те же, что и в случае возникновения горения от малоомощного источника зажигания и определяют склонность материала к тлению:

2) материал должен быть достаточно пористым для обеспечения проникновения в массу вещества воздуха;

3) материал в процессе разложения должен давать твердый углистый остаток.

Рассмотрим некоторые из таких материалов.

Вещества, которые самовоспламеняются и самовозгораются при контакте с воздухом.

Многие вещества при контакте с воздухом способны к самовозгоранию. Самовозгорание начинается при температуре окружающей среды или после некоторого предварительного их подогрева. К таким веществам следует отнести растительные масла и жиры, сернистые соединения железа, некоторые сорта сажи, порошковидные вещества (алюминий, цинк, титан, магний и т.п.), сено, зерно в силосах и т.п.

Контакт самовоспламеняющихся химических веществ с воздухом происходит обычно при повреждении тары, разливе жидкости, расфасовке веществ, при сушении, открытом хранении твердых измельченных, а также волокнистых материалов, при откачке жидкостей из резервуаров,

когда внутри резервуаров есть самовоспламеняющиеся отложения.

Масла и жиры.

Среди масел наибольшей склонностью к самовозгоранию обладают растительные масла. Особенно опасны масла, содержащие соединения с ненасыщенными химическими связями и характеризующиеся высоким йодным числом (хлопковое, подсолнечное, джутовое и т.д.). Несколько слабее выражено это свойство у животных масел. Натуральные олифы, изготавливаются на основе растительных жиров и имеют наибольшую склонность к самовозгоранию.

Минеральные масла, являющиеся продуктами переработки нефти, не содержат непредельных соединений и, следовательно, не склонны к самовозгоранию. Однако, отработанные минеральные масла, если они могли находиться в механизмах при высоких температурах, приобретают некоторую склонность к тепловому самовозгоранию т.е. переходят в **пирофорное состояние**. Минеральные масла также могут самовозгореться в условиях повышенной концентрации кислорода.

Масла или олифы, находящиеся в емкостях не могут самовозгореться. Для самовозгорания этих материалов должна быть обеспечена развитая поверхность их контакта с воздухом, т.е. они должны быть нанесены на пористый материал, имеющий, в то же время, малую поверхность с ограниченной теплоотдачей в окружающую среду. Способность масел и жиров к самовозгоранию тем больше, чем больше уплотнен промасленный материал (до определенного предела, после которого самовозгорание вообще невозможно).

Способность к самовозгоранию промасленных материалов увеличивается при повышении температуры воздуха, а также в присутствии катализаторов - солей марганца, свинца, кобальта, так называемых сиккативов, добавляемых в олифы для их ускоренного высыхания.

Ископаемые угли.

В природных и промышленных условиях самовозгоранию подвержены бурые и каменные угли. Наиболее часто самовзгорание угля возникает в угольных шахтах. Часто самонагревание и самовзгорание угля

наблюдается на складах при длительном хранении угля. Самовозгораются терриконики и породные отвалы, содержащие не менее 10% органических компонентов.

Основными причинами самовозгорания углей является их способность окисляться и адсорбировать пары и газы.

Несмотря на то, что при низких температурах окисление углей идет медленно и тепла при этом выделяется мало (1,25 Дж на 1 мл присоединенного кислорода) самовозгорание все же происходит в больших скоплениях угля, в которых затруднена теплоотдача в окружающую среду. Процессы окисления катализируются влагой, поэтому влажные угли более склонны к самовозгоранию. С другой стороны, повышение влагосодержания увеличивает теплопроводность и соответственно усиливает теплоотдачу в окружающую среду.

Сульфиды железа (пирит, сернистый колчедан)

Сульфиды железа способны реагировать с кислородом воздуха при обычной температуре с выделением очень большого количества тепла. Часто отмечались случаи самовозгорания железных руд на складах сернокислотных заводов, на рудниках. Возможно образование сульфидов железа в металлических емкостях, в которых хранятся нефтепродукты, горючие газы с примесями сероводорода. Самовозгоранию пирита способствует влага.

Пирофорность — способность твёрдого материала в мелкораздробленном состоянии к самовоспламенению на воздухе при отсутствии нагрева.

Пирофорность связана, как правило, с экзотермическими реакциями окисления веществ на воздухе; так как при высокой удельной площади поверхности мелкораздробленного материала тепловыделение при его окислении пропорционально площади поверхности, в то время как теплоемкость — пропорциональна массе, то нагрев окисляющейся частицы обратно пропорционален степени $3/2$ её линейных размеров и при достаточно малых размерах может достичь температуры самовоспламенения.

Пирофорность свойственна многим веществам в тонко

раздробленном виде: металлам (железо, кобальт, никель, марганец и др.), гидридам некоторых металлов, сульфидам (например, пириту FeS_2), элементоорганическим соединениям.

В случае металлов и сплавов в компактном состоянии пирофорные свойства могут проявляться и при механическом дроблении, когда от массы металла, поверхность которого пассивирована оксидной плёнкой, механически отделяются дисперсные частицы, самовоспламеняющиеся в воздухе. В этом случае пирофорность проявляется как искрение при трении или ударе. Из пирофорных сплавов на основе церия изготавливаются «кремни»зажигалок.

Пирофорность представляет собой серьёзную проблему в производствах, использующих порошки металлов, в частности в порошковой металлургии и других процессах, где используются активные металлы в дисперсном состоянии.

Древесина в пирофорном состоянии.

Древесина, испытавшая длительный низкотемпературный нагрев также может перейти в пирофорное состояние. Сосновая древесина в обычном состоянии имеет температуру воспламенения $255\text{ }^\circ\text{C}$, температуру самовоспламенения $399\text{ }^\circ\text{C}$, температуру тления $295\text{ }^\circ\text{C}$. Исходя из этих данных температура, по крайней мере, до $200\text{ }^\circ\text{C}$ безопасна для древесины. Однако во многих справочниках относительно древесины указывается, что ее следует «предохранять от действия источника нагрева выше $80\text{ }^\circ\text{C}$ ». Дело в том, что древесина способна переходить при длительном нагреве в пирофорное состояние, при котором она способна загореться даже при температуре ниже $100\text{ }^\circ\text{C}$. К самовозгоранию может привести, например, длительный нагрев при температуре $90\text{-}100\text{ }^\circ\text{C}$, однако продолжительность нагрева, необходимая для этого, по оценкам экспертов, составляет 15-27 лет.

Нередко, по условиям технологического процесса, вещества, находящиеся в аппаратах, могут быть нагреты до температуры, превышающей температуру их самовозгорания. Так, продукты пиролиза газа при получении этилена из нефтепродуктов имеют температуру самовоспламенения в границах $530\text{ – }550\text{ }^\circ\text{C}$, а выходят из печей пиролиза

при температуре 850°C. Мазут с температурой самовоспламенения 380 – 420°C на установках термического крекинга нагревается до 500°C; бутан и бутилен, который имеют температуру самовоспламенения соответственно 420°C и 439°C, при получении бутадиена нагревается до 550 – 650°C и т. д. При выходе наружу этих веществ происходит их самовоспламенение.

Иногда вещества в технологических процессах имеют очень низкую температуру самовоспламенения:

- триэтилалюминий - $Al(C_2H_5)_3$ (-68°C);
- диэтилалюминийхлорид - $Al(C_2H_5)_2Cl$ (-60°C);
- триизобутилалюминий (-40°C);
- фтористый водород, жидкий и белый фосфор - ниже комнатной.

К самовозгоранию на воздухе способны и некоторые органические соединения, например диэтиловый эфир, скипидар. Скипидар самовозгорается, если им смочены волокнистые материалы.

Существенные коррективы в температурные границы протекания пожароопасных процессов и, в частности, самовозгорания могут вносить старение материала, действие агрессивных сред.

Химическое самовозгорание.

Многие вещества и материалы при определенных условиях могут вступать в химическое взаимодействие с положительным тепловым эффектом реакций при контакте с воздухом, водой или друг с другом, а также могут саморазлагаться при нагревании или механических воздействиях. Выделяющегося при этом в зоне реакции тепла может быть достаточно для нагрева веществ и материалов до их самовоспламенения. В условиях производства и хранения химических веществ встречается большое количество таких химических соединений, контакт которых с воздухом или водой, а также взаимный контакт друг с другом может быть причиной возникновения пожара.

Химические реакции, которые протекают с выделением значительного количества тепла, имеют потенциальную опасность возникновения пожара или взрыва, так как возможен неконтролируемый процесс разогрева реагирующих, вновь образующихся или рядом

находящихся горючих веществ.

Версию о химическом самовозгорании следует рассматривать в том случае, если на объекте, где произошел пожар, имелись вещества, склонные к экзотермической реакции друг с другом. Если есть подозрение на наличие в очаге пожара химических веществ, склонных к самовозгоранию при контакте друг с другом, то следует отобрать пробы для инструментальных исследований с целью обнаружения в очаговой зоне остатков реагировавших между собой веществ.

Инструментальные исследования таких веществ ведутся методами эмиссионного спектрального, атомно-адсорбционного, рентгенофлуоресцентного анализов, ориентируясь на основной элемент.

Необходимо исследовать окружающие конструкции и предметы для выявления зоны длительного низкотемпературного пиролиза, характерного для пожаров такого рода, поскольку при химическом самовозгорании очаг находится не внутри контактирующих материалов, а во всем объеме их смеси. Локальные термические поражения могут иметь элементы деревянной тары, или иной горючей упаковки.

К химическому самовозгоранию склонны вещества, самовозгорающиеся при контакте с водой. К этой группе относятся щелочные металлы (причем калий может самовозгореться от контакта с влажным воздухом) - выделяется водород; карбид кальция - выделяется ацетилен; гидриды щелочных и щелочноземельных металлов - выделяется водород; фосфид кальция - выделяется фосфористый водород (фосфин).

Полный перечень таких веществ можно найти в справочниках. Если возникают сомнения по этому вопросу, то лучше всего обратиться за консультацией к специалисту-химику, дав ему список имевшихся на месте пожара химических веществ.

Вещества, самовозгорающиеся при действии сильных окислителей.

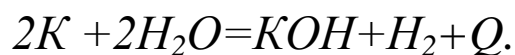
В этом случае необходимо устанавливать наличие на месте пожара веществ, которые могут являться сильными окислителями, например, соли азотной кислоты, хлор, запасы которого сосредоточены на водопроводных

станциях, перманганат калия и другие. При контакте с ними могут загореться многие органические жидкости.

Реакции взаимодействия окислителя с горючим веществом способствует мелкая дисперсность веществ, повышенная начальная температура, а также наличие инициаторов химического процесса. В некоторых случаях реакции могут сопровождаться взрывом.

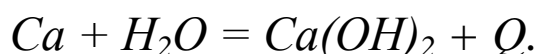
Вещества, которые воспламеняются при взаимодействии с водой.

На промышленных объектах могут иметься вещества, воспламеняющиеся при взаимодействии с водой. Выделяющееся при этом тепло может вызвать воспламенение образующихся или примыкающих к зоне реакции горючих веществ. К веществам, воспламеняющимся или вызывающим горение при соприкосновении с водой, следует отнести щелочные металлы, карбид кальция, карбиды щелочных металлов, сернистый натрий и др. Многие из этих веществ при взаимодействии с водой образуют горючие газы, воспламеняющиеся от теплоты реакции:



Взаимодействие даже небольшого количества калия или натрия с водой (до 5 г) сопровождается нагреванием до 600...650°C. Взаимодействие большого количества калия или натрия с водой сопровождается взрывом с разбрызгиванием расплавленного металла. В дисперсном состоянии щелочные металлы загорают во влажном воздухе.

Некоторые вещества, например негашеная известь, являются негорючими, но теплота реакции их с водой может нагреть горючие материалы, которые находятся рядом, до температуры самовоспламенения. Так, при контакте воды с негашеной известью температура в зоне реакции может достичь 600°C:



Известны случаи пожаров в птичниках, где в качестве подстилки применялось сено. Пожары возникали после обработки птицеводческих помещений негашеной известью.

Опасен контакт с водой алюминийорганических соединений, так как

их взаимодействие с водой происходит со взрывом. Усиление пожара или взрыва, что начались, может произойти при попытках тушить подобные вещества водой или пеной.

Микробиологическое самовозгорание.

Микробиологическое самовозгорание характерно для органических дисперсных и волокнистых материалов, внутри которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов (сено, солома, овощи, зерно, фрезерный торф и др.).

Самовозгорание торфа — воспламенение торфа из-за его окисления на воздухе. При этом не обязателен приток тепла извне. В процессе участвуют микроорганизмы, продукты жизнедеятельности которых накапливаются в анаэробных условиях и приводят к постепенному прогреванию массы торфа до 60-65 °С. При последующем повышении температуры торф превращается в полукокс, склонный к спонтанному самовозгоранию под действием кислорода воздуха. Самонагревание происходит со скоростью от 0,5 до 4,5 °С/сутки и более и постепенно ускоряется. Наиболее склонен к самовозгоранию фрезерный торф (тонкий поверхностный слой торфа на торфопереработках). Степень эндогенной пожароопасности зависит от ботанического состава торфа и степени его разложения. К возгоранию может быть склонен также и добытый торф в процессе его хранения.

При жизнедеятельности некоторых видов микроорганизмов выделяется большое количество тепла — с этим связаны процессы самовозгорания не только торфа, но и навоза, влажного сена и хлопка

Термофильные бактерии, которые обеспечивают процессы саморазогревания и самовозгорания органики в компостных кучах и др., выдерживают нагрев до 70 °С. При низкой влажности сена (менее 16 %) процессы, приводящие к микробиологическому самовозгоранию, практически не идут. При влажности в пределах 60-90 % в сене создаются идеальные условия для развития микроорганизмов - так называемых «термофильных» бактерий. Развитие и жизнедеятельность их популяции приводит к разогреву сена, образованию локальных зон частично термически деструктированного («бурого») сена.

При температуре более 60-70 °С бактерии гибнут, но запущенный ими механизм автокаталитического разогрева продолжает действовать уже за счет окисления сена кислородом воздуха. При этом температура постепенно повышается. При 200 °С сено чернеет и переходит в пирофорное состояние. При 250 °С начинается его тление, которое затем может перейти в пламенное горение.

К квалификационным признакам микробиологического самовозгорания относятся:

1) очаг расположен в центре стога или массива другого, склонного к микробиологическому самовозгоранию материала, а не снаружи. Если копка сена имеет поверхностное обугливание (обгорание), а внутри все цело, то следует искать «внешний источник открытого огня», искру, окурок и т.д.;

2) наличие неразвившихся очагов, в том числе в отдельных кипах. Они представляют собой локальные спекшиеся агломераты сена различной степени термодеструкции;

3) наличие условий, при которых микробиологическое самовозгорание возможно. Эти условия у сена, в частности, следующие:

- влажность более 16%, наилучшие условия влажности – 60-90 %;
- время, прошедшее после закладки - 10-30 суток (опасность самовозгорания сохраняется в течение 3-4 месяцев);
- условные размеры стога сена должны быть не менее чем - 2·2·2 метра.

По теоретической теплофизической оценке, при меньших габаритах стог не способен загореться, т.к. слишком великитеплопотери в окружающую среду.

4. ОТРАБОТКА ВЕРСИИ О ПОДЖОГЕ

4.1. Мотивы и тактика совершения поджогов

Поджог является одним из наиболее опасных способов уничтожения или повреждения материальных ценностей.

В большинстве случаев поджог стараются устроить так, чтобы истинная причина пожара не была раскрыта, а для этого имитируют возникновение пожара от других причин - короткого замыкания, перегрузки, самовозгорания и т.п. Так поджигатели стараются уходить от ответственности. Знание основных методов совершения поджога помогает дознавателю доказывать факт совершения преступления.

Основные методы совершения поджога можно классифицировать следующим образом:

- По типу используемого зажигательного вещества: жидкие горючие вещества, твердые горючие вещества, специальные составы и смеси.
- По инициирующему горение механизму: химическая реакция, разряд электричества, тепловой разогрев.
- По способу (тактике) поджога. Тактика поджога может быть самой различной от зажигания небольшого участка, до поджигания всего объекта в последовательно или одновременно с помощью огнепроводящих устройств.
- По цели поджога: корыстные цели (получение страхового вознаграждения), сведение счетов, запугивание конкурентов, сокрытие следов других видов преступлений, пиромания и др.



Рисунок 15. Классификация поджогов

4.2. Квалификационные признаки поджога

Среди признаков, указывающих на совершение поджога, различают так называемые **косвенные** признаки и **основные (квалификационные)** признаки. Первые не являются, строго говоря, доказательными и могут сложиться в результате совпадения множества неблагоприятных условий. На основании выявления этих признаков дознаватель должен выдвинуть версию о поджоге и незамедлительно приступить к ее отработке, оставив на потом все остальные версии. Вторая группа признаков имеет доказательную силу, по ним окончательно устанавливается факт поджога.

Обзор первоначальных действий пожарного специалиста по установлению факта поджога рассмотрим по этапам работ.

По пути следования на пожар необходимо обращать внимание на различные препятствия, которые носят подозрительно искусственный характер. Это заблокированные проезды, поваленные поперек проезжей

части дерева, провода и кабели, контейнеры с мусором, открытые гидранты и люки, скопления людей, мешающие проезду.

По прибытии на место пожара необходимо обращать внимание на: явно изолированные друг от друга зоны горения; поспешно убегающих или отъезжающих людей (следует заметить номер автомобиля, одежду людей, их наружность); блокированные или забаррикадированные двери, окна, коридоры и т.п. (искусственно затрудненный вход); пути проникновения или эвакуации, устроенные злоумышленником (открытые окна и двери, обычно бывающие закрытыми, необычные отверстия в окнах или дверях, приставленные к заборам лестницы или подручные средства для преодоления препятствий); препятствия тушению (блокированные или испорченные гидранты, выведенные из строя спринклеры, закрытые краны на водопроводе, помехи со стороны присутствующих посторонних лиц, передвинутая мебель и т.д.); следы взлома; маскирование визуальных факторов горения с помощью закрытых ставен, жалюзей, окон, заставленных щитами и занавешенных одеялами, для как можно позднейшего обнаружения пожара.

Важнейшие косвенные свидетельства о поджоге выявляются **при осмотре места пожара**. При этом следует внимательно изучать следующие обстоятельства:

1. местонахождение и состояние жертв, тип травм и т.п. (признаки сокрытия убийств);
2. разбросанное имущество, необычно малые для данного объекта запасы имущества (признаки сокрытия хищения);
3. в жилых помещениях отсутствие дорогой одежды, аппаратуры, картин, драгоценностей, семейных реликвий;
4. неисправность охранной и пожарной сигнализации;
5. подозрительные скопления, сгораемых материалов в отдельных зонах (искусственное сосредоточение пожарной нагрузки);
6. необычные предметы, остатки орудий или средств поджога на всей территории горевшего объекта;

7. отсутствующие или сломанные средства контроля за технологическими процессами, отсутствие документации, сломанные компьютеры.

Обязательно следует обращать внимание на **поведение людей**, проживающих в здании. Соответствует ли одежда людей времени суток, не замечено ли людей, присутствующих на нескольких пожарах (серийных поджигателей). Специалисты справедливо отмечают, что некоторые поджигатели - эмоционально неуравновешенные люди. Они получают удовольствие от наблюдения за пожарами. Люди, которые присутствуют на нескольких пожарах, особенно в различных местах – подозрительны. Большинство людей на пожаре внимательно следят за тушением. Те люди, которые много говорят, смеются или иным образом выражают свое легкомысленное отношение к ситуации, должны считаться подозрительными. Кроме того, к подозрительным можно отнести и тех, кто с чрезмерным энтузиазмом предлагает свою помощь пожарным, особенно информацией.

4.3. Основные квалификационные признаки поджога.

Перечисленные выше признаки и обстоятельства, косвенно свидетельствующие в пользу версии о поджоге, как причине пожара, безусловно, важны. Из них, как из отдельных крупинок, складывается общая картина, подтверждающая данную версию.

Существуют, однако, основные квалификационные признаки поджога, обнаружение которых прямо свидетельствует о поджоге как причине пожара. Это:

- 1. Наличие на месте пожара нескольких изолированных друг от друга очагов пожара.**
- 2. Наличие в очаговой зоне (зонах) устройств и приспособлений для поджога.**
- 3. Характерная динамика развития горения.**
- 4. Наличие остатков инициаторов горения.**
- 5. Искусственные условия, способствующие распространению**

пожара.

Рассмотрим каждую из этих групп признаков.

Среди деталей **устройств**, которые, обнаруживаются на месте пожара, и присутствие которых в очаговой зоне подтверждает факт поджога, встречаются чаще всего следующие:

1. огнепроводные приспособления (шнуры, веревки, факела, пропитанные горючими жидкостями, дорожки из пороха, вата, рулоны бумаги и т.д.);
2. свечи, остатки воска или парафина;
3. спички, связанные в жгуты, обернутые волокнистыми материалами или прикрепленные к механическим устройствам;
4. таймерные устройства;
5. электрические нагревательные приборы;
6. емкости из-под ЛВЖ и ГЖ.

Несколько (два и более) очагов пожара являются следствием стремления поджигателей совершить поджог качественно и надежно. Естественно, что от нескольких очагов горение разовьется быстрее и не прекратится, если даже по тем или иным обстоятельствам оно ликвидируется в одном из очагов. Среди косвенных признаков поджога, выявляемых сразу по прибытии на место пожара, нами упомянуты отдельные изолированные зоны горения. Но зона горения и очаг пожара, как известно, не одно и то же. При обнаружении такой картины дознаватель должен установить являются ли эти зоны горения отдельными независимыми первичными очагами пожара, или они представляют собой множественные вторичные очаги горения.

Быстрое, необъяснимое другими причинами, развитие горения является, обычно, как и множественность очагов, следствием применения инициаторов горения, в первую очередь, легковоспламеняющихся жидкостей. Если горение возникло внезапно (иногда - с хлопком) и с первых секунд развивалось достаточно интенсивно - это явный признак применения ЛВЖ как средства поджога. Конечно, при условии, что появление ЛВЖ в помещении не было обусловлено какими-либо технологическими причинами, если не было утечки бытового газа и т.д.

Добавим, что быстрая динамика развития пожара – это необходимое, но не достаточное условие для доказательства поджога. Поэтому в качестве квалификационного признака поджога она должна использоваться только в том случае, если хорошо проработаны и отведены все иные версии, связанные с быстрым развитием пожара (например, воздействие дуги короткого замыкания, газовый взрыв и т.д).

К искусственным условиям, способствующим распространению пожара, следует относить в первую очередь организацию хорошей вентиляции на месте пожара, а также обеспечение скорейшего доступа пламени к сгораемым материалам. Поджигатели часто открывают противопожарные двери, сбивают штукатурку, чтобы обнажить деревянные конструкции, сверлят отверстия в междуэтажных перекрытиях или в стенах между помещениями, чтобы увеличить скорость распространения горения, улучшают тягу с помощью включенных вентиляторов.

4.4. Выявление на местах пожаров признаков применения инициаторов горения.

Установить факт применения инициаторов горения на месте пожара можно не только путем обнаружения их остатков, но и по характерным следам горения. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости могут оставлять при горении достаточно специфические следы на окружающих конструкциях. К таковым относятся:

- 1) характерные пятна от сгоревшей жидкости на древесине, мягкой мебели;
- 2) характерные прогары в конструкциях, образующиеся при горении растекшейся жидкости;
- 3) аномальные температурные зоны на окружающих конструкциях.

Характерные пятна, по форме соответствующие лужице разлившейся жидкости образуются на сгораемых поверхностях (древесине, покрытии из пластика и линолеума, мягкой мебели) при выгорании этой жидкости. Для пятен характерна, как правило,

«кляксообразная» форма и четкая граница между обугленной зоной и необгоревшей частью материала. Сохраняются такие пятна чаще всего на полу и в других местах, где во время пожара были относительно более низкотемпературные зоны. При обнаружении таких пятен их необходимо сфотографировать или заснять на видеопленку, а также отобразить в протоколе осмотра. Эти данные можно будет использовать при обосновании версии о поджоге с применением горючей жидкости.

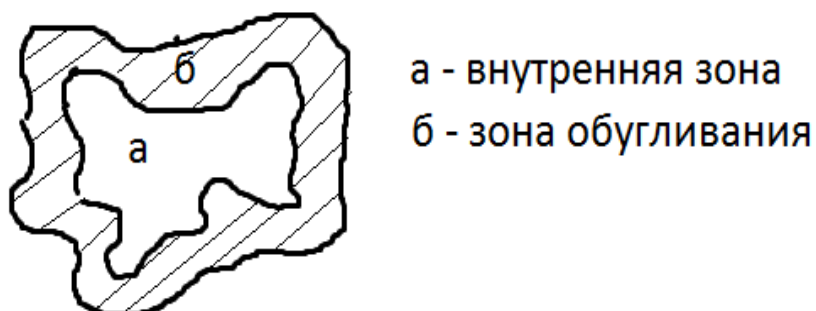


Рисунок 16. Характерные пятна от сгоревшей жидкости

Необходимо иметь в виду, что на неокрашенных поверхностях древесины относительно легкокипящие жидкости – легкие бензины, эфир, ацетон и т.п. таких пятен могут и не оставить, так как они очень легко испаряются и горят практически бесцветным пламенем, не давая лучистой энергии, достаточной для обугливания древесины. Более тяжелые жидкости, например, среднестиллятные нефтепродукты (керосин, дизельные топлива) такие пятна оставляют обязательно.

Подобные пятна могут оставлять и стекающие горящие масла, битум, расплавленные полимеры, что следует учитывать при поиске следов горения ЛВЖ.

Характерные прогары в конструкциях образуются как следствие горения лужиц и других скоплений легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Происходит это при проливе жидкости во внутренние конструкции пола, под шкаф, плинтус, в другие полости. Горение жидкости обеспечивает в этом случае появление на конструкции

локальных термических поражений. В конечном счете, может образоваться и сплошной прогар конструкции, например, дыра в полу.

Не нужно, однако, путать такие прогары с обычными для многих развившихся пожаров щелевыми прогарами в полах и других пустотных конструкциях. Они образуются, когда горение развивается внутри пустотной конструкции и по щелям или другим неплотностям в конструкции, двигаясь по направлению конвективного воздушного потока, выходит наружу. Отличие щелевых прогаров от прогаров, вследствие горения ЛВЖ и ГЖ состоит в следующем. Щелевые прогары, как правило, не единичны, имеют узкую вытянутую форму и ориентированы вдоль щели (например, вдоль стыка досок пола).

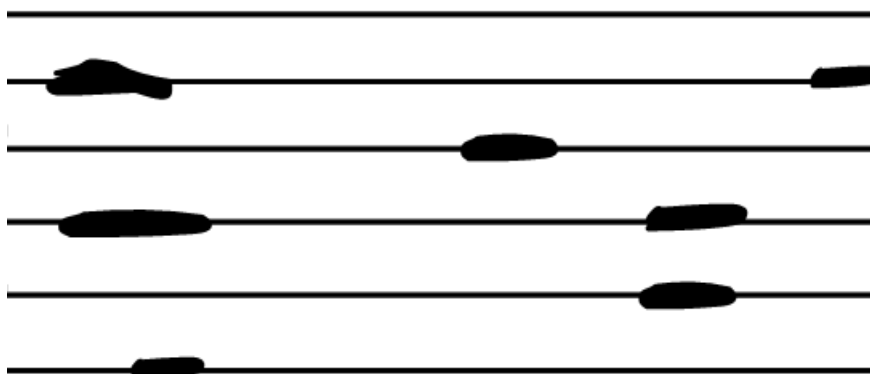


Рисунок 17. Характерные щелевые прогары от сгоревшей жидкости

Щелевые прогары могут образоваться и при отсутствии чернового пола просто за счет более интенсивного горения в зоне щели за счет притока через щель свежего воздуха.

Аномальные температурные зоны на конструкциях являются следствием локального теплового воздействия на конструкцию пламени горящей жидкости.

Например, вертикальная деревянная конструкция (дверь) при горении в обычном режиме имеет обугливание по своей поверхности, увеличивающееся кверху из-за зонирования температуры газовой фазы на пожаре. Если на этом фоне имеются зоны более интенсивного обугливания, не укладывающиеся в указанную картину, то это является следствием более интенсивного горения, могущего быть связанным, в том

числе и с горением ЛВЖ. Часто такая аномальная горячая зона обнаруживается в нижней части двери. Это может являться следствием поджога с применением горючей жидкости, впрыснутой под дверь со стороны лестничной клетки. Саму жидкость при осмотре места пожара можно и не найти, поскольку следы ЛВЖ на обугленных деревянных поверхностях, как правило, не сохраняются. Однако, наличие указанной высокотемпературной зоны, обнаруженной исследованием проб угля, позволяет с достаточной уверенностью говорить о поджоге как причине пожара (рисунок 19).

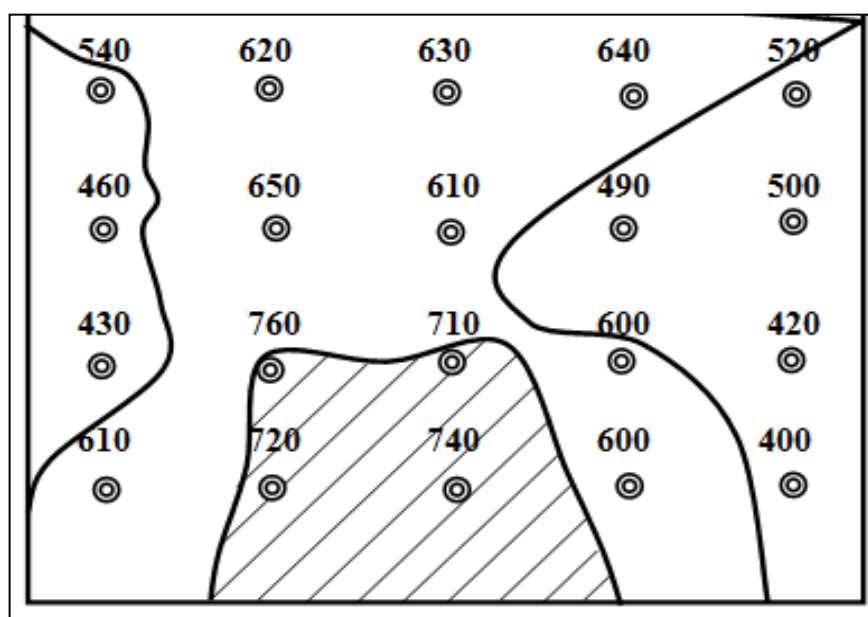


Рисунок 18. Температурные зоны на двери, установленные исследованием древесных углей (заштрихованы зоны аномально высоких температур)

4.5. Классификация горючих жидкостей, используемых для поджогов

Нефтепродукты (НП) и горюче-смазочные материалы (ГСМ) выступают в качестве вещественных доказательств при расследовании уголовных дел о пожарах, поджогах, сожжениях трупов (или живых людей), применении огнестрельного оружия, дорожно-транспортных происшествиях. На месте происшествия они могут встречаться как в виде

следов на различных предметах-носителях (пятна на тканях, наслоения на деталях транспортных средств, оружия и т.д.), так и в конкретных объемах (бутылях, канистрах и т.д.).

Наличие на месте пожара остатков и следов горючих жидкостей, занесенных извне, является прямым свидетельством поджога, как причины пожара. Этот вывод следует и из повседневной практики работы дознавателей и технических специалистов, которые при подозрении на поджог стремятся в первую очередь отобрать соответствующие пробы и исследовать их на наличие инициаторов горения.

Источником получения нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов в большинстве случаев является нефть, которая представляет собой жидкость от желтого до черного цвета (в зависимости от месторождения) с характерным запахом, легче воды. Состав нефти весьма сложен; в основном она состоит из углеводородов с небольшим количеством неуглеводородных компонентов. Последние содержатся в смолистой части нефти и, как правило, в состав светлых нефтепродуктов не переходят.

В пожарно-технической литературе чаще всего применяют подразделение всех горючих жидкостей на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ), среди которых выделяют категорию особо опасных и собственно горючие жидкости (ГЖ). Единственным параметром этой классификации является экспериментально определяемый показатель температуры вспышки.

Целям диагностики инициаторов горения, применяемых для поджогов, такая классификация не отвечает. Ясно, что в одну и ту же группу могут попадать различные по составу и свойствам горючие жидкости. Так, автомобильные бензины, независимо от марки, керосины, большая часть дизельных топлив, а также неуглеводородные составные растворители относятся к категории ЛВЖ.

Существует множество классификаций отдельных категорий ЛВЖ, ГЖ по их составу, физическим, химическим, технологическим, эксплуатационным свойствам. Наиболее детально разработана классификация нефтепродуктов (НП). Вырабатываемые на

нефтеперерабатывающих заводах, так называемые товарные нефтепродукты подразделяют на топлива, нефтяные масла, парафины и церезины, ароматические углеводороды (УВ), нефтяные битумы, нефтяной кокс, пластичные смазки, присадки к топливам и маслам, прочие НП различного назначения. Из этих продуктов реально использоваться в качестве инициаторов горения могут некоторые топлива (карбюраторные и инжекторные, реактивные, дизельные), ароматические УВ (бензол, толуол, ксилол); иные НП различного назначения (осветительные керосины, бензины-растворители, сольвенты, применяемые в резиновой и лакокрасочной промышленности).

Основными классификационными параметрами моторных топлив являются их эксплуатационные характеристики и фракционный состав. Эти показатели могут быть определены только при наличии индивидуально изолированных объемов анализируемых продуктов. Для экспертиз, связанных с изучением горючих жидкостей, распределенных в объеме или по поверхности материальных объектов, тем более находящихся там в малых и следовых количествах, данные параметры практически непригодны.

Среди прочих НП различного назначения наилучшим образом разработана классификация нефтяных растворителей, или нефрасов. Этим общим наименованием в настоящее время заменены все прежние названия растворителей нефтяного ряда, такие как уайт-спирит, сольвент нефтяной, фракция петролейного эфира, калоша и пр. Свойства нефтяных растворителей, по которым строится их классификация, также определяются из объемных количеств анализируемых жидкостей.

Сопоставляя классификации моторных топлив и нефрасов можно убедиться в том, что некоторые их классификационные показатели имеют одинаковые или близкие значения. Так, фракционный состав моторных бензинов и бензинов-растворителей находится, практически, в одних и тех же пределах, следовательно, при использовании данного параметра может возникнуть неопределенность в диагностике.

Что касается растворителей не нефтяного ряда, то имеется лишь номенклатура их марок (номеров или товарных наименований), каждой из

которых соответствует индивидуальный состав, приводимый в справочной литературе. То есть, для этой категории ЛВЖ, ГЖ вообще отсутствуют общие классификационные показатели. К тому же имеющиеся в настоящее время на товарном рынке растворители зачастую выпускаются различными фирмами на основании временных ТУ, имеют специфические индивидуальные названия (типа: «растворитель термореактивный») и нерегламентированные составы.

Не включены в данную схему мазуты, котельные топлива, смазочные материалы, олифы, поскольку их физико-химические свойства (высокая температура вспышки, отсутствие легких фракций, низкое давление насыщенных паров) делают их практически не пригодными для совершения поджога.

Частота применения отдельных видов ЛВЖ и ГЖ при поджогах обусловлена, видимо, прежде всего, доступностью тех или иных жидкостей для злоумышленника. Анализ материалов дознания по пожарам показывает, что для поджогов применяются:

- бензин, керосин осветительный, дизельное топливо (светлые нефтепродукты) - 70%,
- растворители - 25%,
- прочие ЛВЖ и ГЖ - 5%.

Если мы обнаруживаем остатки ЛВЖ, ГЖ и других инициаторов горения там, где их нахождение не обусловлено производственной необходимостью или условиями хранения, это может свидетельствовать о поджоге с применением этой жидкости.

Среди парфюмерно-косметических и пищевых продуктов встречаются ЛВЖ, относящиеся к различным классам органических соединений. Далее рассмотрены наиболее распространенных из них.

Этиловый спирт.

Этиловый спирт (этанол, метилкарбанол, винный спирт) C_2H_5OH – важнейший представитель предельных одноатомных спиртов.

Бесцветная, легко подвижная жидкость со жгучим вкусом и характерным запахом; $T_{пл.} -114,15^{\circ}C$; $T_{кип.} 78,39^{\circ}C$. Этиловый спирт смешивается в любых отношениях с водой, спиртами, эфиром,

глицерином, бензином и другими органическими растворителями, горит бесцветным пламенем.

Спирт является весьма важным для хозяйства продуктом. Большое количество его все еще расходуется на производство синтетического каучука. Он находит применение в фармацевтической промышленности для изготовления лекарств, в парфюмерии для изготовления духов и одеколона, в лакокрасочной промышленности для производства лаков и политуры, в производстве бездымного пороха и т. д.

Изопропиловый спирт.

Изопропиловый спирт $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ (пропанол-2, изопропанол) – бесцветная жидкость с характерным запахом; температура кипения $82,4^\circ\text{C}$, температура вспышки в закрытой чашке $11,7^\circ\text{C}$, температура самовоспламенения 456°C . Изопропанол востребован в химической, нефтяной, медицинской, мебельной, пищевой, лесохимической, парфюмерной промышленности, поскольку является хорошим растворителем для многих эфирных масел, восков, эфиров, алкалоидов, синтетических смол.

В лакокрасочной промышленности этот спирт используется в качестве вспомогательного растворителя нитроцеллюлозы, ацетилцеллюлозы, этилцеллюлозы, он является одним из важнейших вспомогательных растворителей для нитролаков. Изопропиловый спирт может применяться при приготовлении тормозной и стеклоомывающей жидкости, в качестве антифриза для автомобильных радиаторов

Глицерин.

Глицерин – трехатомный спирт; сиропообразная бесцветная вязкая жидкость сладкого вкуса, без запаха. Он может оставаться жидким при очень низких температурах, однако дистиллированный глицерин высокой чистоты при очень медленном охлаждении может быть получен в виде кристаллов орторомбической формы, температура плавления $17,9^\circ\text{C}$; при переохлаждении до минус $70-110^\circ\text{C}$ можно получить стекловидный глицерин. Температура вспышки в открытой чашке 174°C , температура воспламенения 187°C , температура самовозгорания 393°C . В медицине и в производстве фармацевтических препаратов его используют для

растворения лекарств, повышения вязкости жидких препаратов, предохранения от изменений при ферментации жидкостей, от высыхания мазей, паст и кремов. Используя его вместо воды можно приготовить высококонцентрированные медицинские растворы. Так же он хорошо растворяет йод, бром, фенол, тимол, хлорид ртути и алкалоиды, обладает антисептическими свойствами.

Растительные масла.

Растительные жиры называются маслами, они бывают твердые и жидкие. Твердые масла (пальмовое, кокосовое) отличаются значительным содержанием тристеарина и трипальмитина, в то время как жидкие масла состоят главным образом из глицеридов непредельных кислот – олеиновой, линолевой или линоленовой. По своей способности изменяться на воздухе жидкие масла разделяются на высыхающие, полувсыхающие и невысыхающие.

Невысыхающие масла (оливковое, миндальное) состоят преимущественно из триолеина. При хранении, особенно на свету, они приобретают горький вкус – прогоркают. При прогоркании, под действием главным образом микроорганизмов, жир расщепляется на глицерин и кислоты – как предельные, так и непредельные. Непредельные кислоты, окисляясь, расщепляются на альдегиды и кислоты с меньшим числом атомов углерода в молекуле. Предельные кислоты под влиянием микроорганизмов расщепляются с образованием кетонов. Некоторые из этих кетонов, например метилгептилкетон, отличаются неприятным прогорклым запахом.

Высыхающие масла (льняное, конопляное) состоят преимущественно из глицеридов линолевой и линоленовой кислот. Характерной особенностью этих масел является их способность на свету при действии воздуха, особенно в тонком слое, высыхать, образуя твердую эластичную пленку. При высыхании масла соединяются с кислородом; при этом температура повышается настолько, что тряпье, смоченное маслом, может самопроизвольно загореться.

Полувсыхающие масла (подсолнечные, хлопковое) отличаются от высыхающих масел малым содержанием линоленовой кислоты, а от

невысыхающих – сравнительно большим содержанием линолевой кислоты.

4.6. Обнаружение и предварительная диагностика следов горючих жидкостей на месте происшествия

Обнаружение и диагностику остатков ЛВЖ и ГЖ можно проводить либо непосредственно на месте пожара, либо в лаборатории, отобрав предварительно на месте пожара пробы. Применение полевых методов (более простых и экспрессных) без лабораторных исследований (естественно, более трудоемких) может привести к принципиальным ошибкам и потому недопустимо.

Простейшими способами обнаружения нефтепродуктов являются органолептические (запах, вкус, цвет). Обонянием можно обнаружить бензин в холодной воде при концентрации $0,005 \text{ мг/дм}^3$ и ощутить резкий запах при концентрации $0,01 \text{ мг/дм}^3$. Более тяжелое топливо и сырые нефти обнаруживаются по запаху при концентрации $0,2-1,0 \text{ мг/дм}^3$, смазочные масла - при концентрации около 25 мг/дм^3 . Неприятный вкус вода приобретает при концентрациях нефтепродуктов $0,1-1,0 \text{ мг/дм}^3$. Также неприятный вкус имеет рыба, выловленная в таком водоеме. Только при самом благоприятном освещении можно обнаружить нефтяную пленку толщиной $4 \cdot 10^{-5} \text{ мм}$, что примерно соответствует концентрации $0,04 \text{ мг/дм}^3$.

Разумеется, для точного определения наличия, типа и количества органических компонентов в исследуемых объектах органолептические методы, неприемлемы.

Существует несколько экспрессных химико-аналитических методов и приборов для обнаружения паров нефтепродуктов и иных ЛВЖ и ГЖ на месте пожара. Во многих отраслях промышленности, где необходим контроль окружающего воздуха, используются газоизмерительные системы с индикаторными трубками, основанные на линейно-колориметрическом(химическом)методе определения паров ЛВЖ.

В газоанализаторах этого типа фиксируемый объем воздуха

прокачивается через стеклянную индикаторную трубку. Трубки рассчитаны на выявление индивидуальных веществ или их смесей, например, бензина, толуола, ацетона, спиртов и т.д. При наличии паров определенной жидкости содержимое трубки (твердый носитель, пропитанный реактивом) окрашивается в соответствующий цвет. При этом длина окрашенной зоны пропорциональна концентрации паров компонента в воздухе.



Рисунок 19. Газоизмерительная система с индикаторными трубками

Наиболее известные в мире газоанализаторы с индикаторными трубками выпускает фирма Dräger (Германия). Минимально определяемые концентрации отдельных компонентов индикаторными трубками ЗАО «Крисмас+» составляют: для ацетона – 100 мг/м^3 ; для бензина – 50 мг/м^3 ; для бензола – 10 мг/м^3 ; для гексана – 10 мг/м^3 ; для дизельного топлива – 250 мг/м^3 . У индикаторных трубок фирмы Dräger минимально определяемые концентрации составляют: для ацетона – 250 мг/м^3 ; для бензола – 2 мг/м^3 ; для гексана – 350 мг/м^3 ; для суммы бензола, толуола, ксилолов (БТК) – 400 мг/м^3 .

К недостаткам метода можно отнести возможность срабатывания индикаторных трубок на продукты термического разложения конструкционных и отделочных материалов, присутствующих на месте пожара. Не следует воспринимать маркировку индикаторной трубки по конкретному веществу или смеси в качестве идентификационной

способности. Это лишь означает, что данная трубка количественно отградуирована на пары определенного продукта. Она может в принципе давать цветную реакцию с парами родственного вещества, но в иных количественных соотношениях.

В настоящее время выпускаются более совершенные газоанализаторы, в которых вместо индикаторных трубок используются интеллектуальные сенсоры с цифровой индикацией. Исследования фирмы Dräger показали, что наибольшим удобством и надежностью отличаются три типа сенсоров: электрохимические, каталитические, оптические (инфракрасные).

В практике работ пожарной охраны Российской Федерации наибольшее распространение получили полевые газоанализаторы с фотоионизационными детекторами. Фотоионизационные детекторы (ФИД) довольно просты и недороги. Они способны фиксировать любые вещества с потенциалом ионизации менее 10,8 Эв.

Испытания прибора АНТ-2 с целью оценки пригодности его для поисков остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара показали эффективность применения анализатора, как в помещении, так и на открытом воздухе в зимних условиях, при температуре от 0 доминус 10 °С, а также при имитации тушения водой после поджигания инициатора горения.

В число газов и паров, имеющих потенциал ионизации ниже 10,8 Эв, входят органические вещества различных классов - предельные углеводороды (от бутана и выше), алифатические альдегиды и кетоны, спирты, простые эфиры, сложные эфиры, кислоты; олефины; амины; ароматические углеводороды и другие. Имеют потенциал



Рисунок 20. Газоанализатор АНТ-2



Рисунок 21. Фотоионизационный газоанализатор КОЛИОН

ионизации более 10,8 Эв и не фиксируются датчиком лишь самые легкие представители указанных классов соединений: метан, этан, пропан, формальдегид, метанол, муравьиная кислота. Не определяются данным детектором также оксид и диоксид углерода, кислород,

водород, азот, фтор, хлор, фтористый, хлористый, бромистый водороды и некоторые другие газы. Практически все наиболее распространенные из применяемых поджигателями горючих жидкостей (бензин, керосин, растворители для лаков и красок и др.) могут быть обнаружены прибором с фотоионизационным детектором. Из приведенного перечня также следует, что ФИД не регистрирует утечки бытового магистрального газа, содержащего в основном метан, но способен фиксировать наличие баллонного газа, содержащего пропан-бутановую смесь.

При горении на месте пожара древесины, тканей и других распространенных материалов часто образуются газообразные продукты неполного сгорания, в состав которых могут входить алифатические и ароматические альдегиды, кетоны, эфиры. Особенно активно они образуются при тлении или пламенном горении в условиях ограниченного воздухообмена. Эти продукты также могут фиксироваться фотоионизационными детекторами, что подтверждено экспериментально. Пока происходило пламенное горение или тление чистой (без нефтепродуктов) древесины, хлопчатобумажной и шерстяной ткани испытуемый прибор давал сигнал на газообразные продукты пиролиза. Таким образом, любые поиски остатков ЛВЖ и ГЖ на пожаре с помощью газоанализаторов с ФИД можно проводить только после гарантированно полной ликвидации горения (в том числе тления во внутренних конструкциях полов, в завалах пожарного мусора и т.д.).

4.7. Изъятие, упаковка и подготовка к анализу следов горючих жидкостей на объектах носителях

Современные лабораторные методы позволяют обнаруживать остатки от сгорания буквально каплей светлого нефтепродукта. Первая задача при их исследовании состоит в том, чтобы найти место нахождения твердых объектов носителей с остатками ЛВЖ (ГЖ), правильно их отобрать, упаковать и доставить в лабораторию на исследование.

Прежде, чем **отобрать пробу** с остатками ЛВЖ (ГЖ) необходимо ее найти. Жидкости и их остатки могут деградировать, испаряться и, таким образом, окончательно теряться в ходе пожара. Лучше всего они сохраняются в местах, защищенных от прямого лучистого нагрева пламени пожара - под шкафом, под плинтусом, в щелях, пазах разного рода. Велика вероятность обнаружить ЛВЖ во внутренних конструкциях полов (черновые полы, пол под паркетом, шпунт половых досок и паркета). Жидкость, пролитая в достаточном количестве на пол и попавшая в шпунт половых досок или паркета, проникает на всю глубину шпунта и по тыльной стороне доски растекается в стороны от щели, смачивая внутреннюю поверхность доски или паркетной планки. И там она хорошо сохраняется в ходе пожара. Экспериментально установлено, что на обратной стороне паркета даже бензин сохраняется до тех пор, пока паркет не переуглится на всю глубину, т.е. фронт обугливания древесины не дойдет до обратной стороны паркета и чернового пола.

Если в результате поджога выгорели один-два квадратных метра пола, то проблемы, где отбирать пробу на ЛВЖ, в общем-то, не существует. Однако если площадь пожара составляет десятки и сотни квадратных метров, найти место, где наиболее целесообразно отобрать пробу, достаточно сложно. Особенно, если нет ориентиров в виде указанных выше характерных пятен- подпалин. В США активно используют для подобных целей специально дрессированных собак. Не следует игнорировать и возможности человеческого обоняния, хотя и уступающего собачьему, но тоже являющегося довольно чувствительным

инструментом, особенно в момент вскрытия закрытых объемов, например, полов, плинтусов, порогов. Наиболее рационально применять для этих целей газовые детекторы, которые не случайно часто называют «электронным носом».

Техника отбора проб зависит от характера материала объекта носителя.

Отбор проб древесины.

Необходимо помнить, что пробы обугленной древесины (древесные угли) отбирать не следует. В угле остатки ЛВЖ не сохраняются поэтому отбирать надо необгоревшую древесину. Если имеются характерные пятна подпалины от выгоревшей горючей жидкости, то проба древесины отбирается по периметру этого пятна.

По волокну, за счет капиллярных эффектов, жидкость за час-два может впитаться на 80-90 мм по длине доски. Поперек волокна, если в древесине нет дефектов, жидкость за это время проникает всего на 0,2-0,4 мм. Учитывая это обстоятельство, отбор проб осуществляют с поверхности доски поперек ее волокон путем состругивания, соскоба ножом, стамеской или другим инструментом на глубину до 1 мм. Если имеется подозрение на проникновение жидкости с торца доски или бревна, то следует отпилить торец деревянной конструкции на длину до 100 мм. Всевозможные пазы, отверстия от гвоздей, сучков и т.д. необходимо выскоблить на всю глубину. Выскоблить необходимо также обратную сторону доски в зоне сквозного прогара. Отбирать на всякий случай лишнюю древесину не следует. Ее экстрактивные вещества только мешают обнаружению искомой жидкости и разбавляют и без того низкоконцентрированную пробу ЛВЖ.

В труднодоступных местах (углубления, пазы и др.) остатки ЛВЖ с древесины можно извлечь смыванием их органическим растворителем. Для этого пользуются ватными тампонами, обильно смоченными растворителем. Тампоны направляются на исследование в качестве объекта носителя ЛВЖ.

Отбор проб грунтов и иных сыпучих материалов.

Грунт, песок, крупы, другие дисперсные материалы хорошо

впитывают ЛВЖ и ГЖ, сохраняют их в ходе пожара. Их обязательно следует отбирать в качестве объектов носителей, если есть подозрение, что на них попала горючая жидкость. Особое внимание надо уделять грунту под полом, если в доме или сарае, где злоумышленник устроил поджог, нет черногового пола.

Глубина проникновения горючей жидкости в такие материалы зависит от природы материала, его влажности, дисперсности, природы жидкости, ее количества и других факторов. Можно считать достаточным на местах реальных пожаров отбор проб на глубину до 5 см.

Отбор проб тканей.

Ткани прекрасно сохраняют нефтепродукты и другие жидкости даже при обугливаниях. Пример тому - факелы, с помощью которых часто совершают поджоги. Несмотря на то, что тряпка на них сильно обгорает, горючая жидкость в них обычно легко обнаруживается даже по запаху. Обгоревшие (естественно, до определенной степени) ткани сохраняют остатки горючих жидкостей благодаря своей пористости. Поэтому ткани, в отличие от древесины, на пожаре отбирают даже в случае их частичного выгорания.

Отбор проб копоти (сажи).

В поисках остатков инициаторов горения можно отбирать на месте пожара, а затем исследовать копоть (сажу) с окружающих очагов конструкций. Копоть является прекрасным сорбентом, и в ней могут сохраняться тяжелые невыгоревшие остатки бензинов, частности полициклические углеводороды. Копоть отбирают на окружающих конструкциях в зоне осаждения дыма из очага.

Отбирать после пожара пробы ЛВЖ с поверхности бетона, металлов и других подобного рода непористых материалов имеет смысл только в том случае, если имеются видимые лужицы жидкости.

Лужицы предположительно горючей жидкости следует собирать медицинским шприцем или промокнуть фильтровальной бумагой или ватой. При этом необходимо обязательно соблюдать меры безопасности, и пользоваться перчатками или пинцетом, не допуская попадания жидкости на кожу.

Отбор проб сравнения.

При отборе проб любого из материалов - потенциальных носителей остатков инициаторов горения нельзя забывать о еще одном важном моменте - отборе так называемой «нулевой пробы» или «пробы сравнения». Особенно актуально это для полимеров и материалов на их основе (например, линолеума), полов, покрытых мастикой и лаком. Во всех этих (а, возможно, и других) случаях в самом материале могут оказаться компоненты, близкие по своей природе и составу к компонентам горючей жидкости или другого инициатора горения. Для предупреждения возможной ошибки отбирается проба сравнения. Берут ее там, куда при поджоге гарантированно не мог попасть инициатор горения - в наиболее удаленном от очага углу комнаты, в закрытой каким-либо предметом зоне и т.д.

Масса отбираемой пробы зависит от метода анализа, который будет использован, но в любом случае не должна превышать нескольких десятков граммов. Бревно или половую доску тащить целиком в лабораторию не целесообразно. Во первых, потому, что не надо перекладывать на эксперта заботу о выборе на этой доске места отбора пробы. На пожаре, в конкретной обстановке это сделать проще. А во-вторых, крупногабаритный объект невозможно правильно упаковать, что чревато потерей остатков искомой жидкости.

Требования, предъявляемые к упаковке проб на содержание ЛВЖ, достаточно жесткие: упаковка должна быть герметична и химически инертна. Требование герметичности вызвано тем, что остатки ЛВЖ и ГЖ, особенно легких растворителей для лаков и красок, бензинов и т.п. могут испаряться и теряться при хранении в негерметичной упаковке. Так, например, экспериментально установлено, что с открытой поверхности древесины остатки бензина, обнаруживаемые методом газожидкостной хроматографии, могут полностью испариться за несколько часов. Лучше сохраняются более тяжелые жидкости, например, остатки среднестиллятных топлив (керосина, дизельного топлива), а также остатки ЛВЖ на пористых носителях. Однако отсутствие знаний о типе жидкости, примененной поджигателем, однозначно

предусматривают требования к герметичности упаковки.

Химическая инертность тары - второе обязательное требование к упаковке, также необходимое для исключения потерь искомым компонентов.

Лучше всего указанным требованиям отвечает стеклянная посуда - банки с притертыми стеклянными пробками. Менее подходящие для упаковки вещественных доказательств с остатками инициаторов горения, но более удобны и доступны пластиковые пакеты, в частности наиболее распространенные - полиэтиленовые мешки и пакеты.

Полиэтилен не идеальная тара, многие органические жидкости медленно диффундируют через него и, в конечном счете, теряются, даже при хранении пакета в холодильнике. Однако в современных условиях работы дознавателей полиэтиленовые пакеты, видимо, наиболее реальная тара. При выезде на пожар их обязательно нужно иметь с собой. Пакеты должны быть новые, чистые, не рваные (прежде, чем загружать в пакет изъятую пробу, надуйте пакет, проверив его на герметичность). После заполнения пакет с пробой необходимо запаять или, по крайней мере, завязать двойным узлом.

Если на месте пожара найдены остатки ГЖ в бутылке, ее следует закупорить чистой полиэтиленовой или корковой пробкой.

Если остатки ГЖ найдены в таре, которую трудно закупорить (банка, бидон, разбитая бутылка), содержимое переливают в целую бутылку или пробирку и закрывают притертой стеклянной, корковой, полиэтиленовой пробкой.

Закупорка емкостей бумажной, картонной, резиновой пробками не допустима!

Если остатки ГЖ найдены на поверхности предмета, который нельзя изъять с места пожара - жидкость следует впитать в чистую фильтровальную бумагу или вату, которые складываются в герметичную стеклянную банку или полиэтиленовый пакет.

Пакеты с изъятыми пробами, банки, бутылки и другие емкости являются вещественными доказательствами и их следует опечатать, повесить бирку из картона, на которой отмечают данные о месте и дате

изъятия, ставят подписи сотрудника, изъявшего пробу и понятых.

Вещественные доказательства с возможными остатками инициаторов горения следует как можно быстрее передать в лабораторию на исследование. А до передачи их следует хранить в холодильнике.

4.8. Инструментальные методы исследования нефтепродуктов, горюче-смазочных материалов, спиртосодержащих жидкостей, парфюмерно-косметических изделий в криминалистической экспертизе

Важнейшими методами лабораторного анализа экстрактов ЛВЖ (ГЖ), позволяющими решать диагностические и идентификационные задачи являются:

1. Люминесцентная спектроскопия.

Наиболее чувствительный метод. Позволяет диагностировать исходные и выгоревшие остатки горючих жидкостей.

2. Инфракрасная спектроскопия (ИКС).

Позволяет диагностировать остатки нефтепродуктов и других горючих жидкостей, таких как растворители для ЛКП.

3. Газожидкостная хроматография (ГЖХ).

Один из основных методов анализа, позволяет обнаруживать ЛВЖ (ГЖ), и устанавливать их тип и марку.

Аналитические приборы позволяющие реализовывать данные методы входят в нормы обеспечения техническими средствами судебно-экспертного учреждения федеральной противопожарной службы (Приказ МЧС России № 745 от 14 октября 2005 г.).

Люминесцентная спектроскопия.

Быстрым, простым и, вместе с тем, очень чувствительным методом тестирования экстрактов на наличие ЛВЖ и ГЖ является метод флуоресцентной спектроскопии, который может быть осуществлен на любом лабораторном спектрофлуориметре.

Флуоресценцией называют разновидность люминесценции, при которой время существования молекул вещества в возбужденном

состоянии и испускание ими люминесцентного излучения ограничивается, практически, временем воздействия возбуждающего излучения. Данный метод требует обязательного анализа проб сравнения, представляющих собой чистый объект носитель, отобранный в стороне от подозрительного участка.

Во флуоресцентной спектроскопии различают два вида спектров - спектры возбуждения флуоресценции и спектры люминесценции (эмиссионные спектры). Спектры возбуждения формируются при последовательной смене с помощью монохроматора длины волны возбуждающего света и фиксации люминесценции при определенной длине волны, большей, чем диапазон длин волн возбуждения. При съемке эмиссионных спектров люминесценции в канале возбуждения устанавливают определенную длину волны, а спектр формируется путем смены длин волн в канале регистрации. Современные приборы позволяют снимать комбинированные спектры, при этом осуществляется смена длин волн в обоих каналах с одинаковым или переменным шагом. Такой способ съемки спектров значительно расширяет диагностические возможности спектрофлуоресценции. Еще больше увеличивается информативность получаемых результатов при съемке объемных (трехмерных) спектров.

Жидкие нефтепродукты можно рассматривать, как растворы флуоресцирующих компонентов (в наибольшей степени это относится к ПАУ) в нефлуоресцирующем растворителе, каким является смесь насыщенных УВ. Сложность и многообразие состава нефтепродуктов предопределяет сложный вид их электронных спектров и изменение спектральных характеристик при смене рабочих режимов съемки спектров или при изменении товарных показателей нефтепродуктов.

Измерения проводятся непосредственно в растворе без отгонки растворителя. Для качественной диагностики не требуется эталонных веществ. Количественные измерения необходимо проводить по калибровочной смеси или индивидуальным компонентам. При этом следует учитывать, что лишь разбавленные растворы характеризуются линейной зависимостью интенсивности флуоресценции от концентрации.

При изучении спектров флуоресценции основной характеристикой

образца является длина волны максимума флуоресценции, и лишь дополнительное значение имеет интенсивность флуоресценции. Это позволяет строго объективизировать получаемую информацию, и проводить исследование без приготовления эталонных коллекций.

Флуоресценция свойственна сравнительно небольшому числу соединений. Из составных компонентов нефтепродуктов способностью флуоресцировать под действием ультрафиолетовых лучей обладает лишь часть углеводородов (ароматические УВ и в первую очередь - ПАУ - полициклические ароматические углеводороды), а также окисленные продукты и асфальтово-смолистые компоненты. Последние могут образовываться, в частности, в результате вторичного преобразования на пожаре исходных нефтепродуктов, иных горючих жидкостей или органического вещества объектов носителей.

Критерии диагностики горючих жидкостей, обнаруживаемых на местах пожаров, по спектрам флуоресценции.

Исследование различных товарных нефтепродуктов и горючих жидкостей показывает, что основной максимум в спектрах возбуждения флуоресценции автомобильных бензинов фиксируется в диапазоне длин волн 370÷380 нм. Бензин А-76 часто имеет дополнительный максимум возбуждения флуоресценции при длине волны 340÷350 нм. Этот максимум связан с флуоресценцией алкилзамещенных гомологов бензола и проявляется в низкооктановых бензинах, имеющих существенно более слабую флуоресценцию, чем бензины с октановым числом более 90, в которых максимум при длинах волн 340-350 нм, как правило, гасится. У высокооктановых бензинов основной максимум флуоресценции несколько растянут в длинноволновую область и имеются дополнительные максимумы флуоресценции при длинах волн 400-410 нм и 430-440 нм. Этот вывод сделан на основании изучения флуоресценции более сотни образцов автомобильных бензинов различных отечественных и импортных фирм производителей.

Способность флуоресценции – аддитивное свойство. С одной

стороны, флуоресценция автомобильных бензинов может быть связана с содержанием в их составе конденсированных ароматических соединений, попадающих в бензины вместе с добавляемыми на нефтебазах толуольно-ксилольной фракцией углеводородов. Метод флуоресценции является крайне чувствительным, и даже следовые количества сильно флуоресцирующих компонентов могут серьезно сказаться на суммарной флуоресценции. С другой стороны, дополнительная флуоресценция высокооктановых бензинов может быть связана с наличием в их составе различных присадок, в ряду которых используются металлоорганические соединения. Такие компоненты могут давать флуоресценцию в видимой области спектра. По-видимому, с этим и связано наличие максимума флуоресценции у высокооктановых бензинов в диапазоне длин волн $400 \div 440$ нм.

В кругу товарных нефтепродуктов, проявляющих способность к флуоресценции, основная роль помимо автомобильных бензинов принадлежит дизельным топливам. Керосины, используемые для воздушно-реактивных двигателей, не флуоресцируют. Применяемые в быту осветительные керосины имеют незначительный максимум флуоресценции в диапазоне $370 \div 380$ нм. Это объясняется, вероятно, более низким качеством очистки керосинов для осветительных и иных бытовых нужд. При этом в их составе могут оказаться некоторые компоненты более тяжелых нефтяных фракций, с которыми связана флуоресценция дизельных топлив. В спектрах возбуждения флуоресценции дизельных топлив фиксируется один максимум вблизи длины волны 380 нм, интенсивность флуоресценции высока и находится на уровне высокооктановых бензинов. Растворители не нефтяной природы не флуоресцируют в тех диапазонах длин волн, в которых наблюдается основная флуоресценция моторных топлив.

Автомобильные масла относятся к горючим жидкостям, имеющим довольно высокие значения температуры вспышки, от 190 до 220 °С, в связи с чем, их пожарная опасность невелика. Поэтому данные горючие жидкости не следует относить к возможным инициаторам горения, применяемым поджигателями. Однако, следы, оставляемые маслами, по

своему внешнему виду могут быть спутаны со следами ЛВЖ. Их изучение важно для пожарно-технической экспертизы. По той же причине представляет интерес и изучение флуоресценции гидравлических жидкостей.

Максимум флуоресценции моторных масел фиксируется в разных диапазонах длин волн, но в подавляющем большинстве случаев этот диапазон находится в более длинноволновой области по отношению к основному максимуму флуоресценции моторных топлив. По этому показателю можно достаточно уверенно диагностировать моторные масла.

При исследовании тяжелых нефтепродуктов и сырой нефти, диапазон длин волн максимума возбуждения флуоресценции составлял 440÷480 нм, мазута - 410÷470 нм, тяжелого газойля - 415÷470 нм с явно выраженным максимумом при 440 нм, легкого газойля - 420÷440 нм. Кроме того, интенсивность флуоресценции тяжелых нефтепродуктов и сырой нефти в несколько раз превышает таковую у прочих изученных нефтепродуктов.

Вследствие вторичного преобразования, в горючих жидкостях, изымаемых с мест пожаров практически повсеместно имеются продукты термоокисления и пиролиза, что влияет на характер флуоресценции этих объектов.

При анализе частично выгоревших на различных объектах носителях инициаторов горения отмечено существенное усиление максимумов возбуждения флуоресценции при 405 нм, а также некоторое смещение основного максимума при 370÷380 нм в длинноволновую область (380-400 нм). Сохраняется также и становится относительно более интенсивным максимум возбуждения флуоресценции при 435 нм.

Инфракрасная спектроскопия.

Съемку ИК-спектров ЛВЖ проводят непосредственно в растворах, что исключает необходимость отгонки растворителя, в качестве которого обычно применяют тетрахлорметан. Возможно также снятие ИК-спектров в паровой фазе легкокипящих компонентов горючих жидкостей. В этом случае облегчается расшифровка ИК-спектров, поскольку на спектр

исследуемой жидкости не накладываются характеристические частоты поглощения растворителей.

В тех случаях, когда объектом исследования являются углеводородные смеси (нефтепродукты) в ИК-спектрах фиксируются только полосы поглощения С-Н связей: 2970 см^{-1} (CH_3 -группы), 2880 см^{-1} (СН-связи алифатического характера), 1480 см^{-1} (деформационные колебания СН-связей алифатического характера), 1370 см^{-1} (деформационные колебания CH_3 -групп) (рисунок 23).

В ИК-спектрах составных растворителей, в зависимости от содержащихся в них тех или иных неуглеводородных компонентов, фиксируются максимумы поглощения различных функциональных групп, что делает эти спектры очень характеристичными.

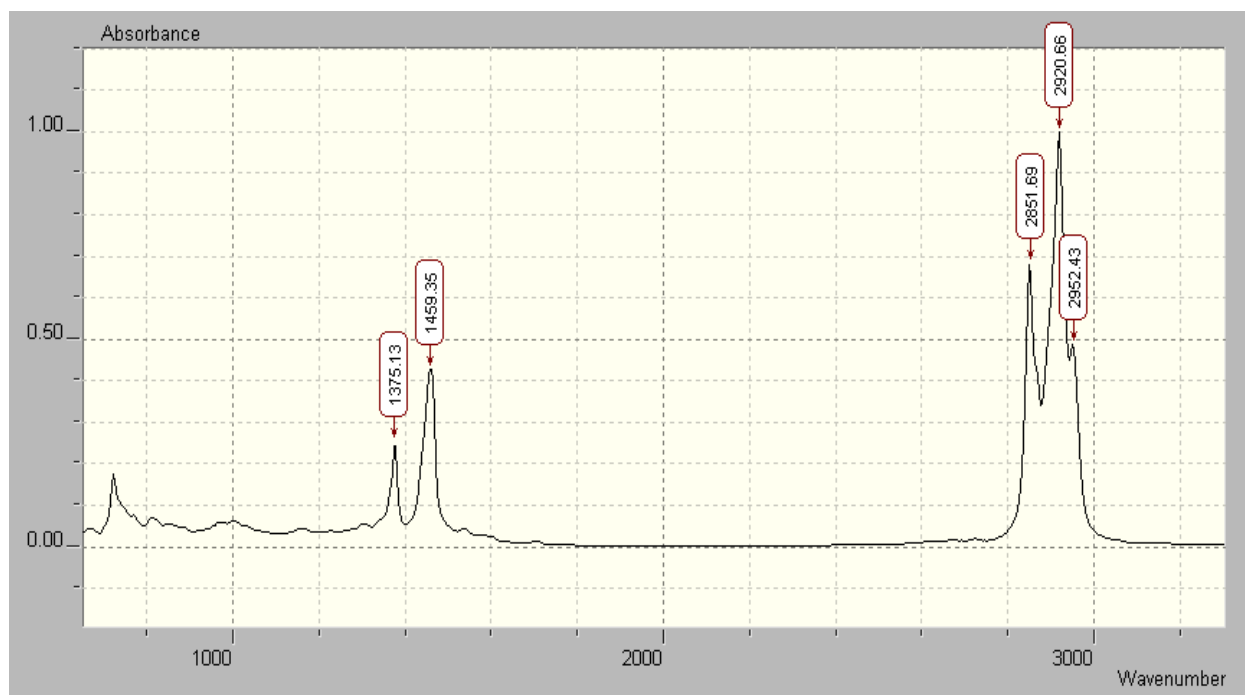


Рисунок 22. ИК-спектр автомобильного бензина

Газо-жидкостная хроматография.

На хроматограммах нефтепродуктов всегда выявляется гомологический ряд нормальных алканов в виде характерной «гребенки» (рисунки 23-26). Расшифровка состава среднестиллятных нефтепродуктов дополнительно облегчается тем, что рядом с пиками n-гептадекана и n-октадекана всегда элюируются углеводороды-биомаркеры изопреноидного строения: тетраметилпентадекан (пристан) и тетраметилгексадекан (фитан). После отыскания на хроматограмме этих пар компонентов можно легко расшифровать состав всей смеси.

На хроматограммах автомобильных бензинов в наибольшем количестве проявляются пики ароматических углеводородов – толуола, ксилолов, этилбензолов. Наличие данных компонентов увеличивает детонационную стойкость автомобильных бензинов, то есть повышает октановое число. При этом содержание указанных компонентов, обычно, тем выше, чем выше октановое число бензина (рисунки 24-26).

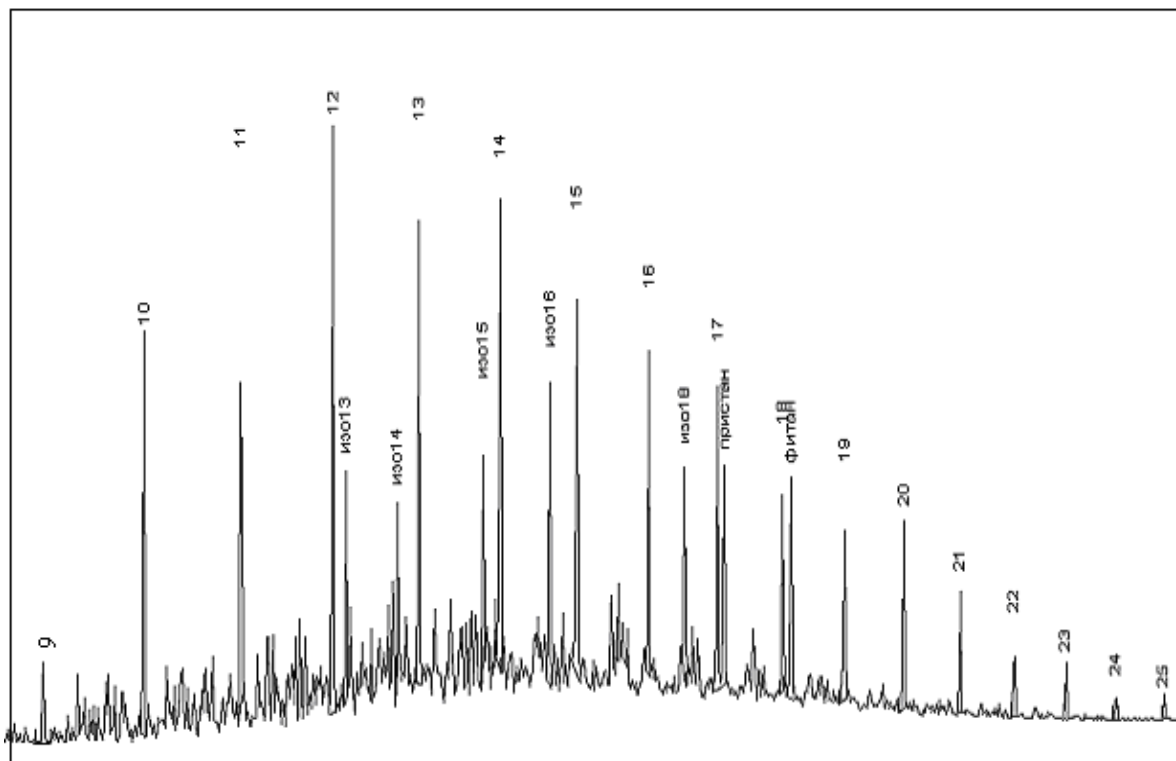


Рисунок 24. Хроматограмма дизельного топлива

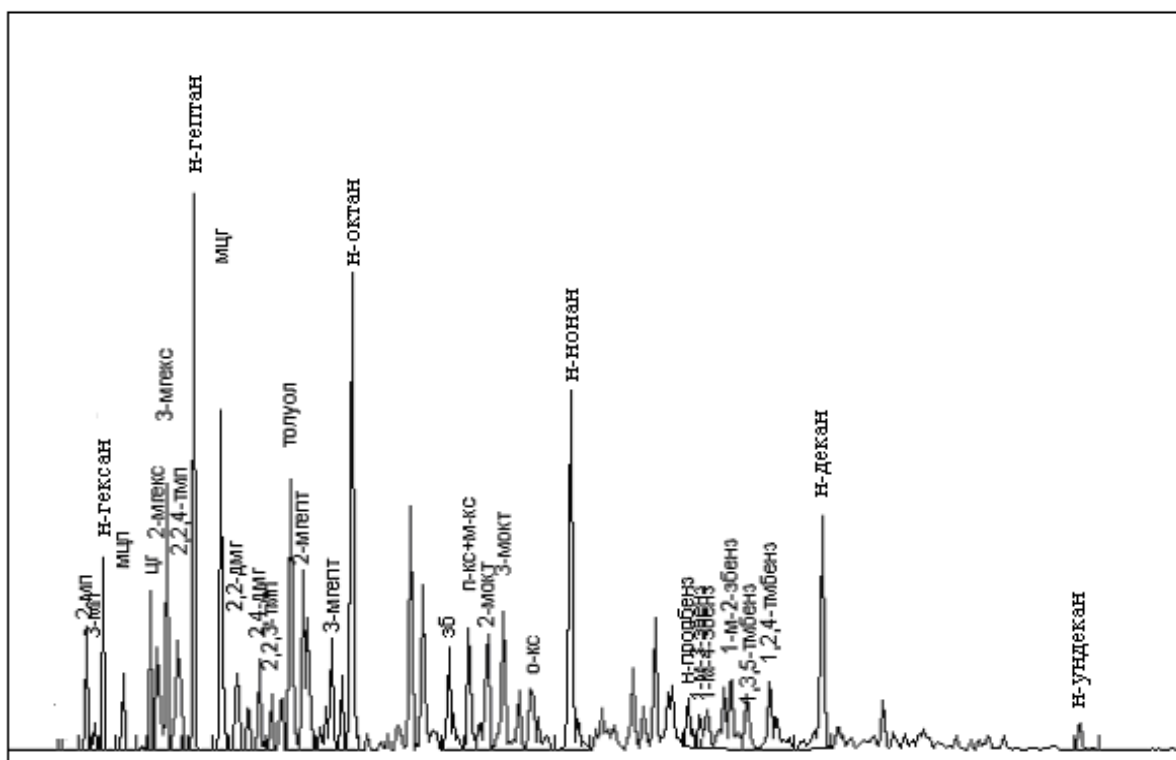


Рисунок 25. Хроматограмма прямогонного бензина АВТ-52
Новокуйбышевского НПЗ

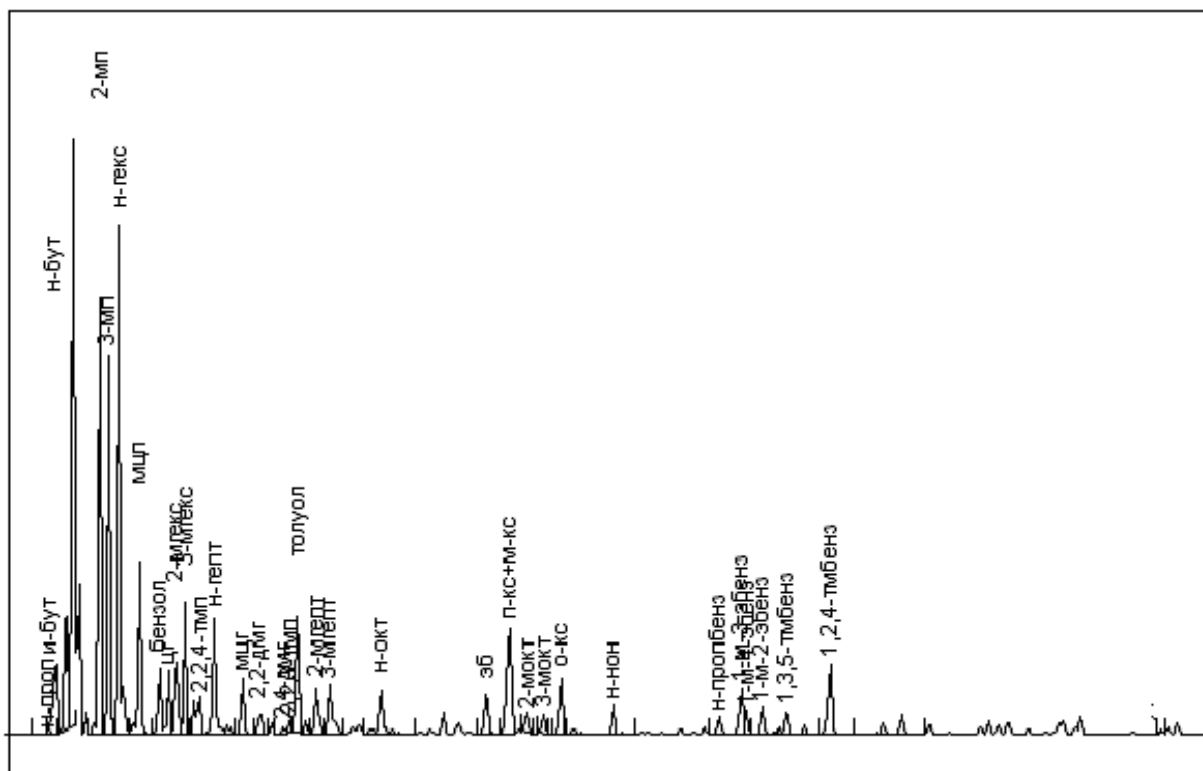


Рисунок 25. Хроматограмма автомобильного бензина А-76 топливной
компании «Фазтон»

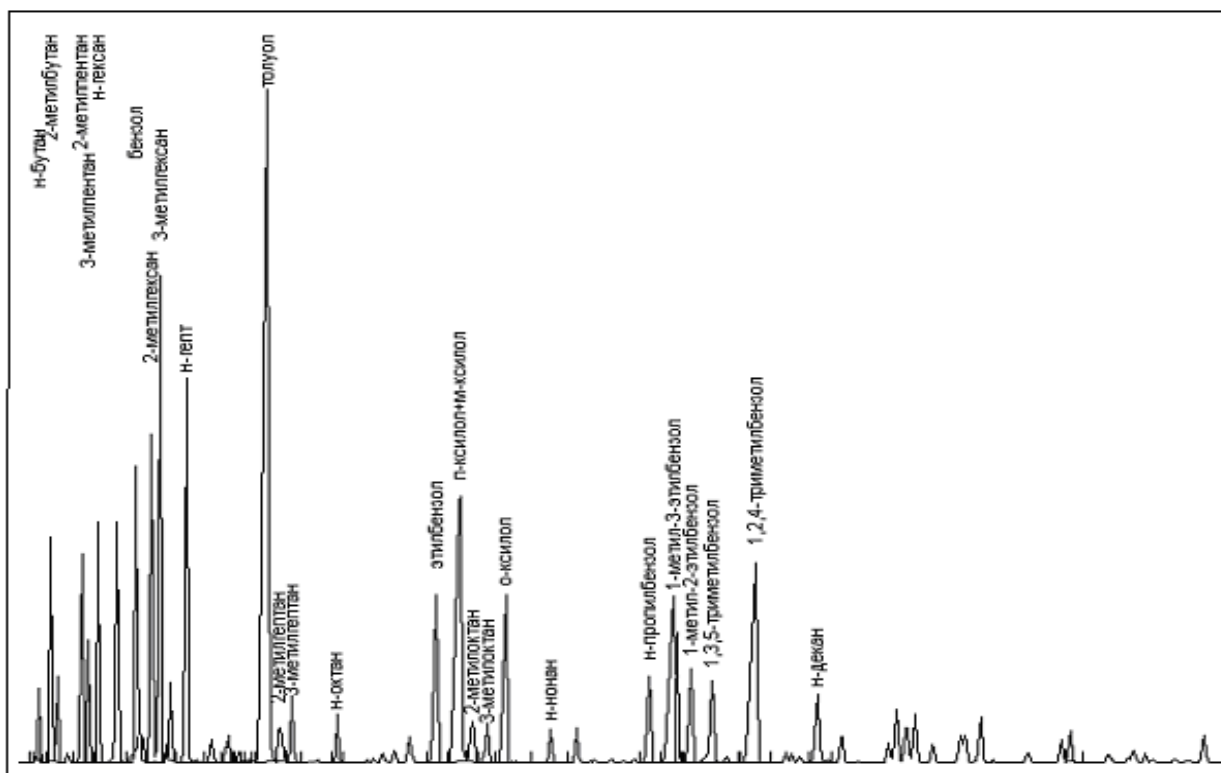


Рисунок 26.Хроматограмма автомобильного бензина АИ-92 топливной компании «Shell»

Для расшифровки хроматограмм составных растворителей (например, номерных растворителей 646, 647, 648 и т.д.) необходимо готовить эталонную смесь из компонентов, входящих в эти растворители. Чаще всего - это смесь спиртов (этанол, бутанол, изобутанол), кетонов (ацетон), сложных эфиров (бутилацетат, этилцеллозольв), ароматических углеводородов (толуол, пиробензол, ксилол), иногда, с добавлением небольшого количества бензиновой фракции (уайт-спирит). Конкретные составы можно найти в справочной литературе. Однако, во всяком случае, хроматограммы растворителей однозначно отличаются от хроматограмм светлых нефтепродуктов отсутствием гомологического ряда нормальных алканов с максимумом в начале диапазона (у бензинов) или в середине диапазона (у всех остальных нефтепродуктов).

В случае невозможности полностью расшифровать состав растворителя приходится констатировать лишь «наличие горючей жидкости - составного растворителя типа номерных растворителей». Для анализа этой категории органических смесей необходимо пользоваться

данными инфракрасной спектроскопии, позволяющей установить наличие тех или иных классов органических соединений.

При анализе методом ГЖХ светлых нефтепродуктов, представляющих собой смеси углеводородов, можно установить фракционный состав смеси по температурам кипения начального и конечного компонента. По фракционному составу можно успешно диагностировать бензины, керосины, дизельные топлива.

Анализ бензинов на насадочных колонках, ввиду их не очень большой эффективности дает возможность уверенно расшифровать только около 20-25 индивидуальных компонентов (сравним с капиллярными колонками, которые позволяют установить в составе бензинов наличие свыше 200 компонентов). Тем не менее, по количественному содержанию этих компонентов можно достаточно достоверно рассчитывать некоторые товарные показатели бензинов, поскольку количественное содержание прочих компонентов в моторных бензинах значительно ниже, и они не могут вносить сколько-нибудь значимой коррективы в товарные показатели.

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ В РАСЛЕДОВАНИИ ДЕЛ О ПОЖАРАХ

Техническое заключение о причине пожара

Технический специалист, готовящий заключение о причине пожара, обычно имеет дело с ограниченным количеством информации, которая содержится в следующих документах:

- акт о пожаре
- протокол осмотра места пожара
- объяснения очевидцев
- планы, техническая документация и др.

Объем этих документов не столь значителен, чтобы ознакомление с ними и выбор необходимой информации представлял сколько-нибудь существенную проблему.

Как известно, согласно действующему законодательству, по пожару в 3-дневный (в исключительных случаях - в 10-дневный) срок должна быть проведена проверка по факту пожара и принято решение - о возбуждении уголовного дела или отказе в возбуждении уголовного дела. Одним из оснований для решения вопроса о возбуждении уголовного дела в сложных случаях является заключение специалиста о причине пожара (мнение специалиста).

Заключение в письменном виде дает специалист ИПЛ или другой сотрудник пожарной охраны, обладающий специальными знаниями.

Структура заключения технического специалиста о причине пожара.

Обычно заключение готовится по следующей форме:

1. Название документа.

("Заключение по причине пожара, произошедшего<дата, место> "

2. Основание для заключения.

Указывается документ, на основании которого выдается заключение (например, письмо отряда ГПС с просьбой выдать заключение), орган, должностное лицо, регистрационный номер документа, дата)

3. Представленные материалы.

Указываются материалы по пожару, которые были представлены

специалисту для подготовки заключения (акт о пожаре, протокол осмотра места пожара, объяснительные, схемы и др.)

4. Обстоятельства пожара

Кратко излагаются необходимые исходные данные, полученные из представленных материалов - техническая характеристика объекта, где возник пожар; характеристика технологического процесса, размещение и состояние оборудования, характер и размещение горючих материалов; обстоятельства, предшествующие пожару, обстановка на момент возникновения и обнаружения, обстоятельства обнаружения и извещения; развитие, тушение, последствия пожара.

5. Исследовательская часть (Исследование)

Этот раздел, основной в заключении и самый большой по объему, должен содержать аргументированный анализ результатов осмотра места пожара и представленных материалов; аргументированное суждение об очаге и причине пожара с указанием признаков, по которым специалист делает именно такое, а не иное заключение об очаге и причине.

6. Выводы

Выводы даются в кратком виде и обычно состоят из двух пунктов:

- очаг пожара расположен...
- причиной пожара является ...

Если вывод невозможно кратко сформулировать, то в ответе допускаются ссылки на исследовательскую часть.

После выводов в заключении должен быть приведен список использованной литературы.

7. Должность, Ф.И.О., подпись специалиста, подготовившего заключение.

Заключение пожарно-технического эксперта

Эксперту при работе с материалами уголовного дела при проведении пожарно-технической экспертизы приходится иметь дело с гораздо более обширной информацией. По крупному пожару уголовное дело может состоять из нескольких томов. Такие материалы невозможно осмыслить без предварительной систематизации. Использование системного подхода

– один из необходимых принципов работы судебного эксперта.

В заключении эксперта указываются:

- 1) время и место производства судебной экспертизы;
- 2) основания производства судебной экспертизы;
- 3) должностное лицо, назначившее судебную экспертизу;
- 4) сведения об экспертном учреждении, а также фамилия, имя и отчество эксперта, его образование, специальность, стаж работы, ученая степень и ученое звание, занимаемая должность;
- 5) сведения о предупреждении эксперта об ответственности за дачу заведомо ложного заключения (так называемая «подписка» эксперта);
- 6) вопросы, поставленные перед экспертом;
- 7) объекты исследований и материалы, представленные для производства судебной экспертизы;
- 8) данные о лицах, присутствовавших при производстве судебной экспертизы;
- 9) содержание и результаты исследований с указанием примененных методик;
- 10) выводы по поставленным перед экспертом вопросам и их обоснование.

В исследовании должны быть последовательно отражены следующие этапы.

Осмотр и описание объектов исследования. Изучение материалов дела, нормативная и справочная литература. (Эксперт осматривает и излагает общие и частные признаки объектов исследования, отбирая те, которые будут далее изучаться; обозначает материалы дела, приводит наименование документов и их содержание, акцентируя внимание на фактах, которые будут использованы в исследовании).

- Аналитическая часть. (Эксперт реально или мысленно делит объекты на части, чтобы тщательно и подробно изучить каждую часть объекта).
- Синтезирующая часть. (Эксперт соединяет части в единое целое для получения нового, более полного знания об объекте).
- Экспертный эксперимент (если проводился).

- **Результативная часть.** (Эксперт обобщает полученные результаты и в развернутом виде формулирует будущие выводы, приводя их обоснование).

Следует также обратить внимание на то, что помимо объективных данных в распоряжении эксперта или специалиста могут иметься объяснения очевидцев или показания свидетелей.

Анализ этих свидетельств должен сводиться к простому пересказыванию. Необходимо их систематизировать и показать, подтверждают или опровергают они мнение эксперта или специалиста, объяснить возможные расхождения.

В случаях наличия расхождений между отдельными свидетельскими показаниями или между данными свидетельствами и мнением самого эксперта, необходимо отметить, какие показания соответствуют объективно существующим закономерностям горения для конкретных условий, а какие из показаний таким закономерностям противоречат. Результатами каких ошибок могут быть объяснены выявленные противоречия.

Напрямую оценивать достоверность сведений, содержащихся в материалах дела, эксперт не имеет права. В случае если отдельные материалы вызывают у него сомнения в достоверности, он излагает свой вывод в условной форме примерно следующим образом: «Если считать представленную схему правильной то ...»

Если весь представленный материал несовместим с результатами собственных исследований эксперта, он может сделать вывод без учета этих материалов. При этом следует указать, почему он так поступает. В случае если все имеющиеся материалы представляются эксперту полностью противоречивыми, неопределенными, эксперт должен мотивированно сообщить о невозможности дать заключение.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Расследование пожаров: Учебник / В.С. Артамонов, В.П. Белобратова, Ю.Н. Бельшина и др. Под ред. Г.Н. Кирилова, М.А. Галишева, С.А. Кондратьева. СПб.: СПб Университет ГПС МЧС России, 2007. 544 с.

2. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: методическое пособие. –М.: ВНИИПО 2002. -330 с.

Дополнительная:

3. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров. – М.: Стройиздат, 1966. -347с.

4. Осмотр места пожара: Методическое пособие /И.Д. Чешко, Н.В. Юн, В.Г. Плотников и др. –М.: ВНИИПО, 2004. -503 с.

5. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования).- СПб.: ИПБ МВД РФ, 1997.- 563 с.

6. Расследование пожаров: Пособие для работников госпожнадзора. В 2 частях.- М.: ВНИИПО МВД РФ, 1993. Ч.1- 176 с.; Ч.2- 132 с.

7. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров. – М.: Стойиздат, 1990. – 424с.

8. Техническое обеспечение расследования поджогов, совершенных с применением инициаторов горения: Учебно-методическое пособие /И.Д. Чешко, М.А. Галишев, С.В. Шарапов и др. – М.: ВНИИПО, 2002. 120 с.

9. Ильин Н.А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром.- М.: Стройиздат, 1983.- 200 с.

10. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. –М.: ВНИИПО МВД РФ. 1999. –599с.

11. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия /Л.С. Митричев, Е.Р. Россинская, А.И. Колмаков и др. –М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. -44с.

12. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электрических устройствах. –М.: Стройиздат, 1980. -59с.

13. Смелков Г.И., Пехотиков В.А. Пожарная опасность светотехнических изделий. –М.: Энергоатомиздат, 1991. -160с.

14. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах. –М.: Энергоатомиздат, 1984. -184с.

15. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие. –М.: ЭКЦ МВД России, 1992. -88с.

16. Аверьянова Т.В., Белкин Р.С., Корухов Ю.Г., Россинская Е.Р. Криминалистика: учебник. –М.: Норма, 2003. –992 с.

Михаил Алексеевич Галишев,
доктор технических наук, профессор
Шарапов Сергей Владимирович
доктор технических наук, профессор
Попов Александр Владимирович
Юлия Николаевна Бельшина
кандидат технических наук
Дементьев Федор Алексеевич
кандидат технических наук
Галина Александровна Сикорова
Воронова Виктория Борисовна
Алексеева Татьяна Сергеевна

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА
Учебник

Печатается в авторской редакции
Ответственный за выпуск

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16

Печать

Объем п.л.

Тираж экз.

Отпечатано в Санкт-Петербургском университет ГПС МЧС России
195105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д.149