

**Академия гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС
Республики Казахстан**

МАКСИМОВ П. В.

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
РАССЛЕДОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ПОЖАРОВ**

Кокшетау 2026

УДК 614.84

Рецензенты:

Захаров И.А. – начальник Научно-исследовательского центра, кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), подполковник гражданской защиты

Мырзагалиев А. Р. – начальник отдела дознания ДЧС г. Алматы подполковник гражданской защиты.

Рекомендовано к печати Учебно-методическим Академией гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан
протокол №__ от _____ г.

Максимов П.В., Расследование и экспертиза пожаров. Учебное пособие: Академия гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан

В учебном пособии рассмотрены организационные вопросы и теоретические основы исследования и расследования пожаров, методы, методики и технические средства, применяемые при осмотре места пожара, установлении места его возникновения и путей развития горения, экспертном анализе версий о причине пожара, подготовке заключений технического специалиста.

Учебное пособие предназначено для преподавателей и обучающихся организации технического и профессионального образования пожарно-технического профиля и может быть полезно практическим работникам, экспертам, специалистам в области пожарной безопасности.

УДК 614.84

Академия гражданской защиты
им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	6
1	Глава 1. Цели, задачи и основные технические мероприятия, проводимые в рамках пожарно-технической экспертизы	7
1.1	Проведение экспертиз по делам о пожарах	7
1.2	Работа на крупных пожарах	9
1.3	Работа на месте пожара специалиста ИИПЛ	10
1.4	Работа дознавателя на месте пожара	11
2	Глава 2. Совокупность комплекса данных по очагу пожара.	13
2.1	Формирование следовой картины пожара	13
2.2	Задачи, методы, стадии проведения осмотров мест пожаров	17
2.3	Осмотр места пожара	18
2.4	Структура заключения специалиста	21
2.5	Формирование выводов о причине пожара	22
2.6	Фото- и видеофиксация результатов осмотра	23
2.7	Проведение видеосъемки	25
3	Глава 3. Физико-химические процессы формирования очаговых признаков пожара	26
3.1	Понятие очага пожара. Классификация очаговых признаков пожара	27
3.2	Формирование признаков направленности тепловых потоков и распространения горения	32
3.3	Возникновение ситуаций, осложняющих формирование очаговых признаков	35
3.4	Формирование вторичных очагов (очагов горения)	37
4	Глава 4. Характер поведения на пожаре изделий из неорганических материалов	41
4.1	Классификация неорганических строительных материалов для целей пожарно-технической экспертизы	41
4.2	Визуальные признаки термических поражений изделий из неорганических строительных материалов	43
4.3	Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара искусственных каменных материалов	46
4.4	Классификация металлических изделий для целей пожарно-технической экспертизы. Физико-химические изменения, возникающие с металлическими изделиями на пожаре	51
4.5	Визуальные признаки термических поражений на конструкциях из металлов и сплавов	53
4.6	Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара металлических изделий	58
5	Глава 5. Характер поведения на пожаре веществ, материалов, изделий органической природы	65
5.1	Состав основных компонентов древесины и их поведение при термическом воздействии.	65

5.2	Визуальные признаки термических поражений на конструкциях из древесины	68
5.3	Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара конструкций из древесины	72
6	Глава 6. Установление причины пожара	77
6.1	Понятие о технической причине пожара	76
6.2	Анализ причастности к возникновению пожара элементов электросетей	81
6.3	Аварийный режим короткого замыкания и признаки его причастности к возникновению пожара	84
6.4.	Аварийный режим перегрузки	87
6.5	Исследование электропроводников на месте пожара	89
6.6	Порядок исследования аппаратов управления и защиты электросетей.	91
6.7	Исследование автоматических выключателей	96
6.8	Аварийный режим большого переходного сопротивления. Выявление признаков причастности к пожару электроустановочного и коммутационного оборудования	99
6.9	Аварийные режимы в электроосветительных приборах и анализ их причастности к возникновению пожара	102
6.10	Анализ причастности к возникновению пожара люминесцентных светильников	104
6.11	Выявление признаков аварийной работы бытовых электропотребителей	106
6.12	Анализ причастности к возникновению пожара тепловых, механических и химических источников зажигания	109
6.13	Анализ причастности к возникновению пожара иных тепловых источников зажигания	115
6.14	Выделение тепла при сжатии газов	122
6.15	Статическое электричество и анализ его причастности к возникновению пожара	123
6.16	Особенности развития пожаров, начинающихся со стадии тлеющего горения	127
6.17	Анализ причастности к возникновению пожара тлеющих табачных изделий	130
6.18	Версии о возникновении пожара в результате протекания процессов самовозгорания	132
7	Глава 7. Отработка версии о поджоге	139
7.1	Мотивы и тактика совершения поджогов	139
7.2	Квалификационные признаки поджога	140
7.3	Основные квалификационные признаки поджога	141
7.4	Выявление на местах пожаров признаков применения инициаторов горения	143
7.5	Классификация веществ, применяемых поджигателями для ускорения зажигания и горения	144

7.6	Изъятие, упаковка и подготовка к анализу следов горючих жидкостей на объектах носителях	148
	Перечень принятых сокращений	153
	Список литературы	154

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях борьбы с преступностью возрастает роль доказательственной информации, получаемой в процессе проведения экспертиз. Особенно актуально это положение для расследования уголовных дел, сопряженных с пожарами, поскольку практически всегда пожары происходят в условиях неочевидности. Одной из ключевых задач расследования данной категории дел является установление обстоятельств возникновения и развития горения. Решение этой задачи невозможно только следственным путем – для этого необходимо проведение сложных экспертиз и проверок.

В практической деятельности 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, важная 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 учебном пособии 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. Учебное пособие разработано в соответствии с актуализированными типовыми учебными планами и программами для системы технического и профессионального, после среднего образования по специальности 1516000 – «Пожарная безопасность» по модулю ПМ 08 «Применение методов установления причин пожаров».

ГЛАВА 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ПРОВОДИМЫЕ В РАМКАХ ПОЖАРНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

В Законе «О Гражданской защите» дано определение пожара, пожар – это неконтролируемое горение, создающее угрозу, причиняющее вред жизни и здоровью людей, материальный ущерб физическим и юридическим лицам, интересам общества и государства. В зависимости от причины его возникновения и последующей правовой оценки пожар относят к криминальным явлениям или к явлениям, которые не имеют криминальной природы. Последние, в свою очередь, могут возникнуть как по вине человека, так и помимо его воли.

Причины возгорания, когда пожар возник без участия человека, например, такие как фокусирование солнечных лучей, довольно редко встречаются. Во всех других случаях есть (или должно быть) лицо, виновное в возникновении пожара.

1.1. Проведение экспертиз по делам о пожарах

На стадии предварительного расследования, если дознавателю или следователю необходимо решить вопросы, требующие специальных знаний, может быть назначена экспертиза. Пожар - сложное дело и для его расследования требуются специальные знания, поэтому по уголовным делам о пожарах в большинстве случаев назначаются экспертизы. Экспертизы бывают различных видов. К примеру, среди судебных экспертиз выделяют:

- криминалистические (трасологические, баллистические и др.);
- веществ и материалов;
- медицинские;
- биологические;
- экономические;
- инженерно-технические и др.

Основной вид экспертиз, назначаемых по делам о пожарах – пожарно-техническая экспертиза, относящаяся к классу инженерно-технических экспертиз. Для проведения пожарно-технической экспертизы как правило привлекаются эксперты судебной экспертизы либо сотрудники исследовательской испытательной пожарной лаборатории (специалист ИИПЛ).

Процессуальный статус эксперта, как и специалиста, их права и обязанности, а также порядок производства экспертизы регламентированы статьями 79 и 80 Уголовно-процессуального кодекса Республики Казахстан [9].

В качестве специалиста для участия в производстве по уголовному делу может быть привлечено не заинтересованное в деле лицо, обладающее специальными знаниями, необходимыми для оказания

содействия в собирании, исследовании и оценке доказательств путем разъяснения участникам уголовного процесса вопросов, входящих в его специальную компетенцию, а также применения научно-технических средств.

Пожарно-техническая экспертиза решает в основном следующие задачи:

- исследование следов теплового воздействия на конструкции, материалы и оборудование при пожаре с целью установления места возникновения пожара (очага пожара);
- определение непосредственной (технической) причины пожара, условий и времени возникновения горения;
- исследование условий и особенностей развития горения (горение предметов, материалов, конструкций зданий и сооружений; в каком направлении и почему развивалось горение);
- установление имевших место нарушений правил пожарной безопасности, строительных норм и правил (в части противопожарных требований), правил устройства электроустановок (ПУЭ) и других нормативных документов, определение причинной связи между этими нарушениями и возникновением горения, его развитием и последствиями.

Вопросы, которые ставятся на разрешение специалисту и формулировка их может быть самая различная, но они ни в коем случае не должны выходить за пределы решаемых экспертом задач [1].

Объекты пожарно-технической экспертизы

У каждого вида экспертизы - свои специфические объекты исследования. Например, в дактилоскопической экспертизе - отпечатки пальцев на различных объектах, в трасологической - пули, гильзы, холодное и огнестрельное оружие. Объектами исследования в пожарно-технической экспертизе являются:

- материальная обстановка на месте пожара (специалист, эксперт может выезжать на место пожара и исследовать его);
- вещественные доказательства, изымаемые с места пожара;
- материалы уголовного дела по пожару.

Следователь или дознаватель, не имея специальных познаний, бывают не в состоянии самостоятельно разобраться с имеющимися техническими данными по пожару и правильно их оценить.

Они предоставляет это эксперту либо специалисту. И на практике происходят такие случаи, когда специалисту приходится работать с материалами уголовного дела. Экспертиза может быть назначена по истечении месяцев, а то и лет после пожара и материальной обстановки к этому времени часто уже не существует, а вещественные доказательства не всегда бывают изъяты. В результате единственным источником информации по пожару становятся материалы уголовного дела - протоколы осмотра места пожара, показания свидетелей и др. И если эти материалы подготовлены плохо, формально, то эксперт мало что сможет в этой ситуации сделать [5].

Виды экспертиз

По объему исследования экспертизы, в том числе и пожарно-технические, делятся на основные и дополнительные. Дополнительная экспертиза назначается при неполноте или неясности выводов основной экспертизы.

По последовательности проведения экспертизы подразделяются на первичные и повторные. Повторной называется экспертиза, проводимая по тем же объектам и решающая те же вопросы, что и первичная экспертиза, заключения которой признано необоснованным или вызывает сомнения.

По численности и составу исполнителей экспертизы подразделяются на единоличные, комиссионные и комплексные. Единоличную проводит один эксперт, комиссионную - комиссия, состоящая из двух и более экспертов одной специализации. Комплексную экспертизу выполняют несколько экспертов разных специальностей [8].

Участие эксперта в судебном производстве

В качестве эксперта может быть вызвано незаинтересованное в деле лицо, обладающее специальными научными знаниями. Иные требования, предъявляемые к лицу, которому может быть поручено производство экспертизы, устанавливаются частью первой статьи 273 Уголовно-процессуального кодекса Республики Казахстан.

Вызов эксперта, назначение и производство экспертизы осуществляются в порядке, предусмотренном в главе 35, а также статьей 373 Уголовно-процессуального кодекса Республики Казахстан [9].

Пожарно-техническая экспертиза (как и любая другая) может быть назначена не только в ходе предварительного расследования, но и в ходе рассмотрения дела по пожару в суде. Суд может сделать это как по собственной инициативе, так и по ходатайству сторон. Может быть назначена и повторная, либо дополнительная экспертиза при наличии противоречий между заключениями экспертов.

Пожарно-технический эксперт, как и специалист, могут быть вызваны на заседание суда для допроса с целью разъяснения или дополнения данного ими заключения. После оглашения заключения данного экспертом или специалистом ему могут быть заданы вопросы сторонами.

Суд с участием сторон, а также при необходимости с участием свидетелей, эксперта и специалистов может проводить следственный эксперимент.

1.2 Работа на крупных пожарах

На крупных пожарах нет необходимости проводить проверку по факту пожара - очевидный крупный материальный ущерб и (или) гибель людей уже являются основанием для незамедлительного возбуждения уголовного дела.

Для быстрой и эффективной работы "по горячим следам" в работу должны включаться следственно-оперативные группы. В группы должны включаться опытные, прошедшие специальную подготовку специалисты.

Выезд на крупные пожары подразделений ИИПЛ регламентирован внутренним приказом МВД Республики Казахстан (Приказ № 510 от 27 июля 2017 года «Об утверждении Правил осуществления деятельности исследовательских испытательных лабораторий»).

По возможности осмотр места пожара должен начинаться до его ликвидации. Следует стремиться к тому, чтобы оперативная группа прибыла на место происшествия одновременно или вслед за пожарными подразделениями. Это позволит непосредственно наблюдать характер распространения пожара, его факторы, имеющие значения для дела.

Необходимо выяснить, какие изменения вносились в обстановку на месте пожара в ходе тушения и по его окончанию. Кем и по каким причинам произведены изменения: естественные, сделанные по необходимости (сбивание замков для подачи огнетушащих средств внутрь горящего помещения), по неосторожности или умышлено заинтересованными в исходе дела лицами, посторонними и т.п.

По крупным пожарам, готовится описание пожара. При этом отрабатываются вопросы такие как: очаг, причина, развитие горения, условия, способствовавшие развитию горения [1].

1.3. Работа на месте пожара специалиста ИИПЛ

По прибытию на место пожара специалист ИИПЛ обычно выполняет следующие задачи:

а) Общая ориентировка и получение представления о пожаре.

Выясняется назначение объекта, на котором происходит пожар, устанавливаются горящие здания и помещения.

Если горит завод или склад, нужно выяснить характер производства, технологического процесса, химическую природу хранимых веществ и материалов. На пожаре, если трудно разобраться во всем этом самом, следует обратиться к дежурному персоналу, технологу, другому имеющемуся там компетентному лицу.

б) Ориентировка на местности и в здании.

Устанавливается взаимное расположение горящих и смежных объектов, зданий, построек.

Если наблюдение за горящим зданием ведется снаружи, надо разобраться, какое окно какому помещению принадлежит. Это понадобится при описании развития горения по помещениям и при установлении очага пожара.

в) Фиксация развития горения, поведения материалов, строительных конструкций, действий подразделений по тушению пожара.

Фиксация прежде всего проводится путем фото- и видеосъемки, а также записей в блокнот развития событий. Необходимо обязательно указать время. Нужно обязательно зафиксировать места наиболее интенсивного горения, места и время разрушения остекления, обрушения кровли, и т.д. Все эти данные могут очень пригодиться в дальнейшем и при установлении

причины пожара.

Картина пожара быстро меняется. Поэтому наблюдение желательно вести на различных участках пожара, периодически возвращаясь на прежние места.

Следует обращать при этом внимание на направление и последовательность распространения горения по зданию - судя по появлению дыма, пламени, разрушению остекления, обрушению конструкций и т.д.

При наблюдении за пожаром, необходимо указать направление ветра (выхода дыма). Знание этого параметра может понадобиться при решении вопроса об очаге (очагах) пожара и путях распространения горения [5].

Цветность дыма

В различных литературных источниках по исследованию пожаров указывается, что по цвету дыма можно установить, какое вещество или материал горит. Но не всегда это так. Цветность дыма зависит от полноты сгорания органического вещества, а она определяется условиями воздухообмена и другими факторами. Более-менее достоверно можно утверждать лишь то, что дым рыжего цвета свидетельствует о горении азотсодержащих веществ (такой цвет дыму придают окислы азота). Очень густой черный дым образуется при горении саженаполненных полимеров, например, резины.

А сам факт выхода дыма из того или иного проема, его интенсивность и направленность, зафиксировать все-таки необходимо. Для этого надо обращать внимание (и производить записи, в динамике, с указанием времени), из каких окон или дверей выходит дым или вырывается дым и пламя, наблюдались ли они за стеклами окон или оконное остекление разрушено, но дыма и пламени нет.

Фото- и видеосъемка

Фото- и видеосъемка дают очень ценную и, главное, объективную информацию о развитии горения и действиях по тушению. Однако, чтобы иметь такую информацию, специалист ИИПЛ должен иметь соответствующие навыки. Особенно полезна фотосъемка «во времени», т.е. с фиксацией времени съемки каждого кадра. Поэтому видео или фотосъемку желательно проводить с включенным таймером времени и установленным штампом с датой.

Специалисту после пожара как можно раньше необходимо провести осмотр устройств электрозащиты вне зоны горения, а также контрольно-измерительных приборов на производстве, особенно самопишущих. Чем раньше это будет сделано, тем лучше. Выключатели, рубильники могут перещёлкнуть и пожарные, и посторонние люди, информацию с самопишущих устройств (камер видеонаблюдения) могут похитить лица, в этом заинтересованные. Поэтому, если будет такая возможность, на заключительной стадии тушения нужно осмотреть и зафиксировать состояние вышеперечисленного оборудования, а информацию с самописцев изъять.

На стадии разборки и проливки специалист ИИПЛ должен следить, где и какая производилась разборка конструкций. По возможности надо способствовать сохранению обстановки и стараться сделать так, чтобы на этом этапе работы как можно меньше ломалось и выкидывалось. Особого внимания и бережного отношения требуют возможные очаговые зоны и находящиеся в них вещественные доказательства [1].

1.4. Работа дознавателя на месте пожара

Дознание по делам о пожарах в Республики Казахстан осуществляется в основном сотрудниками органов внутренних дел. Работа дознавателя с самого начала должна определяться задачами проведения проверки по факту пожара. Еще на стадии тушения необходимо сделать следующее:

а) Установить первых очевидцев, обнаруживших пожар, выяснить обстоятельства обнаружения пожара, признаки, по которым он был обнаружен, место, время обнаружения и другие сведения.

Это важно сделать по «горячим следам», пока свидетели находятся под непосредственным впечатлением пожара и не успели придумать «удобную» для себя или руководства предприятия версию. Желательно, чтобы каждый из очевидцев самостоятельно составил схему места пожара с указанием, откуда он увидел те или иные явления.

б) Получить от администрации сведения о предполагаемом ущербе, а также техническую и служебную документацию, характеристику объекта.

В число такой документации могут входить:

- генплан;
- строительные чертежи;
- схемы технологических процессов, водоснабжения, силовой и осветительной электросетей;
- журналы: эксплуатации электрохозяйства, наблюдения за противопожарным состоянием объекта, учета огнеопасных работ, записей о времени принятия под охрану по окончании работы производственных и складских помещений.

Во избежание утери документации их можно изъять под расписку либо сфотографировать.

в) Совместно со специалистом ИИПЛ дознаватель должен как можно быстрее произвести первоначальный осмотр территории, где произошел пожар.

Часто дознаватели совершают ошибку в том, что уделяют основное внимание непосредственно зоне пожара, при этом оставляют без внимания окружающую территорию здания или сооружения. Осмотреть окружающую территорию можно уже в ходе тушения пожара, особенно если горят склады, магазины и другие объекты со значительными материальными ценностями. Пожар может быть криминального характера (поджог), поэтому неотложная и основная задача осмотра территории состоит в том, чтобы обнаружить, закрепить и сохранить вещественные доказательства и следы преступления.

Пока горит объект, а внутри пожарные завершают тушение, дознавателю необходимо обойти его вокруг. Нужно осмотреть окна, двери, обшивку стен, в зимнее время осмотреть снег вокруг здания. Нужно разобраться, нет ли следов проникновения в здание или помещение. Потом эти следы можно и не обнаружить, они могут быть уничтожены природными явлениями, злоумышленниками либо попросту их затопчут.

Все обнаруженные, имеющие значения предметы, признаки, следы изымаются в установленном порядке.

После завершения тушения дознаватель и сотрудник ИИПЛ приступают к основной стадии своей работы - осмотру места пожара.

Кроме перечисленных выше задач, руководителю тушения пожара может понадобиться помощь технического специалиста. Это могут быть консультации относительно процессов, происходящих на пожаре, потенциальной опасности тех или иных технологических процессов и устройств, свойств материалов и веществ огнетушащих средств и возможности их применения. Для того чтобы решать подобные вопросы, инженер должен обладать определенным интеллектуальным багажом специальных знаний, хорошо иметь в дежурной машине и справочники по пожароопасным свойствам веществ, материалов и средствам тушения [5].

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные понятия и виды экспертиз.
2. Назовите основные задачи пожарно-технической экспертизы.
3. Назовите объекты пожарно-технической экспертизы.
4. Какие задачи выполняются специалистами по прибытию к месту пожара?
5. Какие задачи выполняются на стадии тушения пожара?
6. Фото-видеосъемка на месте пожара.

ГЛАВА 2. СОВОКУПНОСТЬ КОМПЛЕКСА ДАННЫХ ПО ОЧАГУ ПОЖАРА

2.1. Формирование следовой картины пожара

Место пожара - это чрезвычайно сложный объект экспертных исследований. Состояние находящихся на нем материальных предметов определяется совокупным взаимодействием множества факторов:

- аварийными ситуациями, приведшими к пожару;
- разнообразием пожарной нагрузки в ее исходном виде;
- разрушающим воздействием горения и процессов теплопередачи;
- неосторожными или умышленными поступками людей;
- действиями пожарных подразделений при ликвидации пожара;
- влиянием архитектурно-планировочных особенностей здания и сооружения;
- влиянием окружающей среды и т.д.

Следовая картина пожара характеризуется большим разнообразием разнородных следов и признаков, заключающих в себе потенциальную информацию о преступнике, о механизме совершения преступления и об объективных закономерностях возникновения и тушения пожара.

На местах пожаров чаще всего выделяют три группы взаимосвязанных следов (рисунок 2.1):

- 1) традиционные криминалистические следы;
- 2) следы горения и термического поражения;
- 3) следы преступных действий по инициированию горения.

Первая группа следов встречается на месте любого преступления. Для их изучения используются методы и приемы криминалистических экспертиз (трасологической, дактилоскопической, баллистической и т.д.). Вторая и третья группы следов характерны именно для мест пожаров и составляет особенную часть экспертных исследований по делам о пожарах [5].

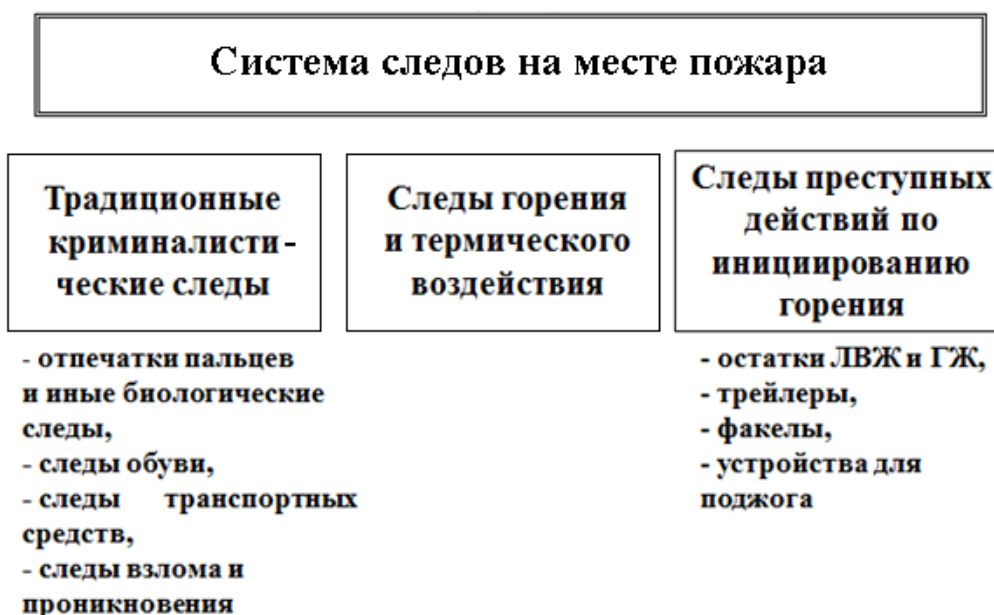


Рисунок 2.1. Классификация следов на месте пожара по источникам их формирования

Формирование следовой картины пожара начинается еще до момента горения и включает в себя несколько стадий. Первая стадия – стадия подготовки условий для возникновения пожара. Она может заключаться в подготовке средств поджога, нарушении правил пожарной безопасности, формировании горючей среды и т.д.

Вторая стадия связана с воздействием источника зажигания на горючую среду и началом горения. Появляются следы воздействия источника пожара на окружающую обстановку.

На третьей стадии формируется очаг пожара и характерные для него следы (очаговый конус, характерные прогары в строительных конструкциях и т.п.).

Четвертая стадия характеризуется следами, несущими информацию о развитии горения (направленность, динамика и т.д.).

Пятая стадия связана со следами тушения пожара и ликвидации его последствий.

На реальном пожаре обязательно присутствуют первые три стадии. Четвертой и пятой стадий, при определенных условиях (например, при самоликвидации пожара в изолированном помещении), может и не быть. Следует иметь в виду, что каждая последующая стадия оказывает значительное влияние на сформировавшуюся до этого обстановку [5].

Следы подготовки условий для возникновения горения

Обязательным условием возникновения горения является присутствие в очаговой зоне трех материальных объектов, образующих так называемый «треугольник пожара» (кислород, горючее вещество, источник зажигания). Следы данной категории, если они сформируются и сохраняются в ходе пожара, несут информацию о горючей среде, создании условий для ее возгорания и, в отдельных случаях, о подготовке источника зажигания. В случаях поджога - о создании условий для уничтожения или сокрытия следов преступления, условий для развития пожара, а также условий, препятствующих его тушению и т.п. [1].

Следы очага пожара

Очагом пожара называется место первоначального возникновения горения. Прежде всего, оно связано с источником зажигания и совмещает в себе следы воздействия источника на окружающую среду, сам источник или его остатки (если они не были утрачены), а также следы, характеризующие непосредственно очаг.

Следы источника зажигания

Под следами источника зажигания необходимо понимать любые изменения, внесенные им в окружающую обстановку. Они, как правило, локализованы в очаге пожара и неразрывно с ним связаны в отличие от самого источника зажигания, которого на месте пожара в момент его осмотра может и не быть. Эти следы характеризуют непосредственно объект или процесс, воздействие которого на окружающую обстановку привело к возникновению пожара. Исследование следов данного типа позволяет решить вопрос о причине пожара и правовой оценке события (следы, оставленного включенным, утюга или кипятильника на окружающих предметах или следы тления маломощного источника зажигания).

Следы развития горения

Значительное внимание необходимо уделять следам развития горения, они называются признаками направленности горения. Эти следы относятся к признакам очага пожара, также к ним относят последовательные затухающие (нарастающие) поражения и произвольно расположенные признаки направленности распространения горения [2].

Следы тушения пожара и ликвидации его последствий

Серьезные изменения в следовую картину пожара вносят участники его тушения и посторонние лица. Эти изменения ведут к утрате криминалистической значимой информации. Хотя различные нормативные документы обязывают руководителей тушения пожара принимать все меры к сохранению обстановки на месте пожара, все же большая часть следов утрачивается именно на этом этапе. Это происходит по ряду причин, к которым относятся:

- непонимание участниками тушения пожаров важности сохранения места происшествия с минимальными «искажениями»;
- второстепенность для руководителей тушения пожаров (РТП) вопросов расследования пожара по сравнению с необходимостью его тушения
- несовершенство средств тушения и т.д.

Рассматривая систему следов пожара с иной точки зрения (то есть, применяя к ним иной принцип расчленения) можно разделить их на следы антропогенного характера и следы самого пожара и явлений, его сопровождающих [1].

Следы антропогенного характера (материальные и идеальные) характеризуют любые изменения, внесенные человеком в обстановку на месте пожара на всех стадиях формирования его следовой картины.

Особое значение имеет месторасположение следов человека относительно зоны термического воздействия. Такое расположение влияет на сохранность и, соответственно, на содержащийся в них объем информации. Действительно, чем меньше след подвергнется влиянию различных факторов пожара, тем большей информативностью он будет обладать. Хотя возможен и обратный процесс, когда следы человека будут закреплены на месте происшествия вследствие воздействия отдельных факторов пожара. Так, например, при температурном воздействии на бумагу, проявляются следы пальцев рук, а копоть закрепляет данные следы на стекле.

По своему месторасположению следы могут находиться в зоне термического воздействия, в зоне задымления и в зоне, прилегающей к месту пожара [1].

Следы пожара и сопровождающих его явлений

В различных литературных изданиях по направлению пожарно-технической экспертизы встречается понятие следов пожара. Следы очага горения (образующиеся при недостаточном газообмене, при благоприятных условиях, над местом возникновения пожара, на производственном или специальном оборудовании, на мебели и оборудовании в помещениях), называются «признаками очага», и следы (признаки) направленности распространения горения.

Взяв за основу данную классификацию, следы пожара можно систематизировать следующим образом (таблица 2.1):

Таблица 2.1 Следы пожара и сопровождающих явлений

Следы подготовки горения	Следы возникновения, развития и затухания горения
подготовка горючей среды	след очага пожара
подготовка источника зажигания	следы направленности распространения горения
подготовка окислительной среды (воздуха кислород или другой окислитель, например, специальный окислитель в пирофорной смеси)	следы прочих факторов пожара (копоти, дыма, токсических веществ и т.д.)

Совокупность комплекса данных по очагу пожара

Предварительный вывод об очаге пожара формируется на основании целого комплекса данных, среди которых центральное место занимают:

- 1) результаты визуального исследования конструкций и предметов в зоне очага, оценка степени их термического поражения, и выявленные на этой основе очаговые признаки;
- 2) информация, полученная на основе результатов инструментального исследования материалов и конструкций [2].

2.2. Задачи, методы, стадии проведения осмотров мест пожаров

Одним из основных мероприятий, проводимых в ходе проверки по пожару, является осмотр места происшествия с составлением соответствующего протокола и схемы места пожара. Осмотр места происшествия, местности, жилища, иного помещения, предметов и документов производится в целях обнаружения следов преступления, выяснения других обстоятельств, имеющих значение для уголовного дела. Осмотр места происшествия, документов и предметов может быть произведен до возбуждения уголовного дела.

С осмотра места пожара начинается работа по выявлению цепи доказательств, необходимых для определения причины пожара, установления и изобличения, виновных в его возникновении [5].

Основными задачами осмотра места пожара являются:

- 1) Фиксация состояния конструкций, предметов, материалов, машин, механизмов и других объектов после пожара в виде протокола осмотра, фотосъемки, видеосъемки (со звукозаписью).
- 2) Выявление зоны очага по визуальным очаговым признакам.
- 3) Полевые инструментальные исследования конструкций с целью выявления очаговых признаков.
- 4) Обнаружение и изъятие вещественных доказательств, отбор проб для лабораторных исследований, в случае, если полевыми инструментальными методами установить место возникновения (очаг) пожара невозможно.
- 5) Сбор данных для выдвижения основных версий о причине пожара.

Для решения этой задачи в ходе осмотра выявляются признаки, указывающие на непосредственную причину пожара, среди которых особо выделяется поиск и обнаружение признаков и средств поджога при наличии

подозрений на совершение данного деяния. Установить непосредственную причину пожара в ходе осмотра удастся довольно редко, да и не следует этого делать, поскольку собранные впоследствии данные могут резко изменить сложившееся первоначальное мнение о причине пожара.

Осмотр места пожара осуществляет дознаватель. Все технические задачи, возникающие при этом, решает технический специалист (сотрудник ИИПЛ). Он же проводит фото- и видео съемку.

Помимо проведения собственно осмотра с решением всех вышеперечисленных задач специалист ИИПЛ совместно дознавателем должны также собрать сведения о существовавшей на месте пожара пожарной нагрузке и ее распределению по помещению. Частично это выясняется (что и где лежало, хранилось) в процессе осмотра места пожара. Недостающие сведения можно получить, опрашивая очевидцев. Эти данные могут быть очень важны при решении вопроса о поиске очага пожара [1].

2.3 Осмотр места пожара

Проведение процедуры осмотра регламентировано Главой 27 Уголовно-процессуального Кодекса Республики Казахстан.

В соответствии со статьей 220 УПК Республики Казахстан «Общие правила производства осмотра» - осмотр должен проводиться, как правило, безотлагательно, когда в этом возникла необходимость.

Лицо, осуществляющее досудебное расследование, получив заявление или сообщение о происшествии, обязано немедленно прибыть к месту события и произвести осмотр. В случае невозможности своевременного прибытия лица, осуществляющего досудебное расследование, осмотр обязан произвести дознаватель или иной сотрудник органа дознания, куда поступило заявление или сообщение. В случаях с пожарами при необходимости к осмотру привлекаются специалисты ИИПЛ или судебные эксперты.

Существует два метода осмотра места пожара – статический и динамический

Первый заключается в осмотре без нарушения всей обстановки на место пожара и первоначального положения предметов, второй связан с их перемещением и раскопками пожарного мусора.

На этапе общего осмотра рекомендуется применять лишь статический метод, т.е. фиксировать различные следы, иные особенности, не перемещая и не переворачивая осматриваемые предметы. Эта тактическая рекомендация - одна из гарантий того, что обстановка происшествия будет установлена в ее первоначальном, неизменном виде.

Общая (статическая) стадия осмотра проводится как можно раньше, пока не нарушена первоначальная обстановка на месте пожара. При статическом осмотре все предметы и обстановка пожара остаются нетронутыми, ничто не изымается, не разбирается, не передвигается. Место пожара осматривается и описывается в протоколе осмотра в том виде, в

каком его застал дознаватель на момент осмотра. Каждый участок осматривается и описывается последовательно. Не следует произвольно переходить с одного места на другое [5].

На этапе детального осмотра применяют и динамический метод с целью выявления особенностей, деталей, не поддающихся восприятию в процессе общего осмотра.

Динамический осмотр проводится после завершения статического осмотра и фиксации его результатов в протоколе осмотра.

Методом динамического осмотра устанавливаются признаки очага пожара, поэтому его следует проводить, прежде всего, в зоне, которую по результатам статического осмотра можно считать очаговой. Не исключено, конечно, что предварительное установление очаговой зоны по результатам общего осмотра может оказаться неверным, поэтому, если есть время, динамический осмотр следует производить во всей зоне горения. Чем больше зона пожара и чем больше разрушения, причиненные им, тем больше требуется усилий на стадии динамического осмотра.

Динамический осмотр сопровождается вскрытием и разборкой конструкций, загромаждающих доступ к участкам, подлежащим более тщательному осмотру. При этом удаляется пожарный мусор, расчищаются полы, при необходимости, перемещаются отдельные предметы и их остатки.

Зона осмотра разбивается на квадраты, обычно размером метр на метр. Отдельно в каждом квадрате, совком или маленькой (саперной) лопаткой, аккуратно, слой за слоем, снимается пожарный мусор, разбираются и извлекаются из пожарного мусора остатки конструкций и предметов. Пожарный мусор целесообразно просеивать через сито, это позволяет обнаружить и изъять мелкие осколки, детали электроприборов, проводов и тому подобные объекты.

При проведении работ на месте пожара можно обнаружить различные предметы и оборудование, обгоревшие лишь частично или даже вовсе не обгоревшие, несгоревшие участки пола, на которых могут иметься следы, повторяющие конфигурацию предметов, стоявших на этом месте. Например, пол может не обгореть в том месте, где стоял холодильник. На полах могут быть обнаружены характерные локальные прогары, свидетельствующие о том или ином источнике зажигания. В ряде случаев полы подлежат вскрытию.

При проведении расчисток и раскопок необходимо обращать внимание на запахи.

При динамическом осмотре изымаются обнаруженные материальные объекты, подлежащие исследованию в лаборатории [1].

В первую очередь изымаются (рисунок 2.2):

- все найденные в очаговой зоне электротехнические предметы и их остатки;
- устройства, которые могут быть источником зажигания или иметь какое-то отношение к нему (остатки устройств для поджога, остатки ЛВЖ);

- все непонятные предметы, например, расплавленные агломераты цветных металлов;
- пробы материалов, веществ, изделий для лабораторных исследований.



Рисунок - 2.2. Объекты, подлежащие изъятию с места пожара

На заключительном этапе осмысливаются пробелы и другие дефекты предыдущих осмотров, рассматриваются заявления и замечания участников данного следственного действия, принимаются меры к устранению выявленных недостатков (восполнению пробела в осмотре, изготовлению улучшенной копии следа и т.д.). Упаковываются изъятые следы и другие вещественные доказательства, по возможности вычерчиваются чистовые варианты схематических и масштабных планов, составляется протокол осмотра места происшествия.

На заключительном этапе динамического осмотра может, при необходимости, восстанавливаться разрушенная обстановка. Для этого на расчищенном полу размещают сохранившиеся остатки предметов и оборудования в соответствии с их первоначальным положением и производят фото- или видео съемку [1].

Исследования электросетей при осмотре места пожара

Важную часть осмотра места пожара составляет осмотр электрооборудования, точнее электросети, которым целесообразно заняться отдельно от осмотра конструкций и прочих предметов. Исследование электросети целесообразно выделить в отдельный этап работы при осмотре места пожара.

Исследование электросетей должно выполняться при осмотре места пожара в любом случае, если электросеть присутствует в зоне горения. Проводить его надо в следующем порядке:

Вначале устанавливаются данные о состоянии, особенностях устройства электросети и ее эксплуатации в период, предшествующий пожару. Это делается на основании журналов с описью основного электрооборудования и защитных средств с указанием их технических характеристик, протоколов и актов испытаний, ремонта и ревизии

оборудования, общих схем электроснабжения по предприятию в целом и отдельным цехам, и участкам, практической документации на устройство электроосвещения, схем сети освещения, картотек текущей эксплуатации и ремонтов.

Затем производится непосредственный осмотр электросети места пожара. Электросети положено осматривать не только в зоне горения, а на всем участке от силового трансформатора до конечного потребителя, поскольку первичный аварийный режим мог возникнуть за десятки, сотни метров от зоны, где началось и происходило горение. И уж, по крайней мере, осмотр производится, начиная от аппаратов защиты, расположенных вне зоны горения [5].

На этапе осмотра:

- уточняются способы прокладки электропроводки;
- уточняются (или составляются) эскизы схемы электросети с проверкой соответствия действительности той схемы, которая получена у должностных лиц; готовится электросхема, отвечающая фактическому состоянию электросети - отмечаются все места скруток, перегибов, состояние контактных соединений, места прохода кабелей через конструкции;
- устанавливаются типы и номинальные характеристики электроприемников и устройств электрозащиты, ее состояние, положение клавиш и кнопок выключателей, степень термических повреждений деталей;
- выявляются участки токоведущих жил кабельных изделий и контактных соединений с оплавлениями, дуговой эрозией и другими признаками аварийной работы;
- осуществляется фиксация в протоколе и изъятие участков кабельных изделий и других элементов электросети с признаками аварийных процессов.

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 [5].

2.4. Структура заключения специалиста

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 несколько существенную проблему.

Иное дело - работа с материалами уголовного дела при проведении пожарно - технической экспертизы. По крупному пожару уголовное дело

может состоять из нескольких томов (а иногда - десятков томов). Выбрать из них и систематизировать необходимую информацию, причем так, чтобы ею удобно было пользоваться при написании заключения - задача не из легких.

Подготовка и оформление заключения технического специалиста о причине пожара

Как известно, согласно действующему законодательству, по пожару в однодневный срок должна быть проведена проверка по факту пожара и принято решение - о возбуждении уголовного дела или отказе в возбуждении уголовного дела. Основанием для решения дознавателем вопроса - возбуждать дело или нет - в сложных случаях является заключение специалиста о причине пожара.

Заключение в письменном виде дает специалист ИИПЛ. Обычно заключение готовится по следующей форме:

1. Название документа

В соответствии с Правилами осуществления деятельности исследовательских испытательных пожарных лабораторий, утвержденных Приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 27 июля 2017 года за № 510 документ, обычно называется «Техническое заключение по причине пожара». Далее указывается дата пожара, объект, на котором он произошел и адрес.

2. Основание для заключения

Указывается документ, на основании которого выдается заключение, (например, рапорт сотрудника УЧС 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.). Если специалист был на месте пожара и участвовал в его осмотре, это также надо указать в данном пункте, т.к. личные впечатления от осмотра места пожара при подготовке заключения являются не менее важным исходным материалом, чем, например, протокол осмотра.

4. Обстоятельства пожара

Обстоятельства пожара излагаются очень кратко - где, когда, в каком здании произошел пожар, последствия пожара.

5. Результаты исследования

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

6. Выводы

Выводы даются в кратком виде и обычно состоят из двух пунктов:
- очаг пожара расположен...(там-то и там-то);

- причиной пожара является ...(то-то и то-то).

Заключение подписывается специалистом, его подготовившим, с указанием должности, специального звания, фамилии и инициалов, а также даты подготовки заключения.

2.5. Формирование выводов о причине пожара

По форме выводы специалиста могут быть:

- категоричные;
- вероятностные;
- условные;
- отрицательные.

Категоричные выводы делаются в том случае, когда данных, имеющихся в распоряжении специалиста, достаточно, чтобы отвести все прочие версии и оставить одну, когда имеются прямые свидетельства причастности того или иного устройства или процесса к возникновению пожара. Формулируется такой вывод, как следует из его названия, в категорической форме: «Причиной пожара явилось...».

Вероятностные выводы делаются, когда таких данных недостаточно и после проведенного анализа остается 2 - 3 версии - равновероятные или одна вероятнее, другие - менее вероятны, но возможны (исключить их, исходя из имеющихся данных, не удастся). Обычно такой вывод формулируется следующим образом: «Наиболее вероятной причиной пожара является ...Не исключено также ...».

Условные выводы формируются обычно при недостатке данных по пожару, если какая-либо причина представляется специалисту наиболее вероятной или единственно возможной, но она могла иметь место при каком-либо принципиально важном условии. Например, если произошло загорание бензовоза при сливе топлива на бензоколонке, и по ряду признаков специалист полагает, что наиболее вероятной причиной пожара явилось воспламенение паров топлива от разряда статического электричества, в то же время, в материалах дела нет данных, был ли заземлен бензовоз во время слива топлива, а отсутствие заземления или его плохое качество - важное условие возможности накопления заряда статического электричества при сливе жидкого топлива. Установлением факта наличия или отсутствия специального заземления еще займется следствие, а пока, исходя из имеющихся у него данных, эксперт формулирует причину пожара примерно следующим образом: «При условии, что бензовоз во время слива топлива не был положенным образом качественно заземлен, наиболее вероятной причиной пожара явилось воспламенение паров бензина в результате разряда статического электричества».

Отрицательные выводы формулируются специалистом в случае, если имеющиеся в его распоряжении данные по пожару явно недостаточны для решения вопроса о причине пожара даже в вероятностной форме. В этом случае специалист ИИПЛ на вопрос о причине пожара отвечает обычно

следующим образом: «Установить причину пожара не представляется возможным». А в тексте заключения хорошо бы при этом указать дознавателю или следователю, какие материалы по пожару он должен собрать, чтобы вопрос о причине пожара мог бы быть решен.

2.6. Фото- и видеофиксация результатов осмотра

Заключение специалиста ИИПЛ как правило сопровождается фото - таблицей, в некоторых случаях целесообразно производить и видеофиксацию.

Проведение фотосъемки

При осмотре объекта обычно выполняются 4 вида фотосъемки – ориентирующая, обзорная, узловая, детальная.

а) **Ориентирующая съемка** - применяется для запечатления какого-либо участка или объекта одновременно с окружающей обстановкой. На ориентирующей фотоснимке должны быть видны территория осматриваемого объекта, окружающие его строения (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3. Ориентирующая фотография

б) **Обзорная съемка** - служит для запечатления участка или объекта без окружающей обстановки. На обзорном фотоснимке должно быть видно осматриваемое место пожара в целом и объекты, имеющие значение для расследования (рисунок 2.4). Также может использоваться для фиксации конструктивных особенностей и состояния фасадов здания, расположения выходов на этаже и в помещении, для фиксации расположения воздуховодов и трубопроводов в здании и т.д.).



Рисунок 2.4. Обзорная фотография

в) **Узловая съемка** - узловая фотосъемка используется для запечатления наиболее важных участков, объектов, следов (рисунок 2.5). Также может использоваться для фиксации отдельных строительных конструкций, состояния эвакуационных выходов, отдельных элементов системы противопожарной защиты объекта и т.д.).



Рисунок 2.5. Узловая фотография

г) **Детальная съемка** - детальная фотосъемка служит для запечатления внешних признаков конкретных вещественных доказательств и следов (рисунок 2.6). Детальная съемка может использоваться для фиксации состояния устройств защиты электросети, спринклеров (например, если осмотр проводится на объекте после пожара), состояния и комплектации пожарных кранов в здании и т.д.) [10].



Рисунок 2.6. Детальная фотография

2.7. Проведение видеосъемки

При осмотре места пожара видеосъемка должна проводиться, по возможности, в следующей последовательности:

- а) снимается панорама общим планом всей площади, сопровождаемая кратким комментарием по поводу основных объектов, находящихся в кадре;
- б) производится съемка средним и крупным планом объектов, местонахождение и состояние которых может иметь существенное значение для производства экспертизы (лестниц, эвакуационных путей и выходов и т.д.);
- в) производится фиксация и соответствующие пояснения в случаях изменения обстановки в процессе съемки (например, проверки автоматической системы пожарной сигнализации, проверки работоспособности системы противодымной защиты и т. д.) [10].

Контрольные вопросы:

- 1. Назовите группы взаимосвязанных следов чаще всего встречающихся на месте пожара.
- 2. Основные задачи осмотра места пожара.
- 3. Назовите методы проведения осмотра места пожара.
- 4. Какие предметы, прежде всего, изымаются в очаговой зоне при проведении осмотра места пожара?
- 5. Из каких основных разделов состоит заключение специалиста?
- 6. Виды и порядок проведения фотосъемки на месте пожара.

ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОЧАГОВЫХ ПРИЗНАКОВ ПОЖАРА

Установление очага пожара - первый, основной и важнейший шаг на пути установления причины пожара, поскольку искать причину пожара, а также непосредственный источник зажигания следует только в очаге пожара.

Любые попытки установить причину пожара, даже если они опираются на самые «неопровержимые», на первый взгляд, свидетельства, будут неубедительны, если не удастся установить, что эти свидетельства находились именно в очаге пожара. Поэтому установление очага пожара - одна из основных задач в работе специалиста ИИПЛ. Начало решения данной задачи осуществляется при осмотре места пожара.

Чем ограниченнее по величине зона горения, тем, как правило, легче установить место его возникновения. Если пожар ликвидирован на начальном этапе или по тем или иным причинам не получил значительного развития и площадь горения невелика, задача установления очага легко разрешима. При значительной площади зоны горения очаг бывает найти достаточно трудно. Поиски очага пожара должны опираться на объективные данные. Делается это путем анализа всей совокупности сведений по пожару. Основные сведения могут быть получены в ходе осмотра места пожара, во время которого выявляются так называемые очаговые признаки. Другими источниками информации по этому вопросу являются показания свидетелей, данные по действиям пожарных подразделений при тушении, данные по распределению пожарной нагрузки, сведения о срабатывании пожарной сигнализации и т.д. [2].

3.1 Понятие очага пожара. Классификация очаговых признаков пожара

Под очагом пожара принято понимать место, с которого непосредственно и начался пожар. Различают очаги пожара и очаги горения.

Очаги горения могут быть территориально независимы от первоначального очага, но взаимосвязаны с ним различными теплофизическими явлениями. Очаги горения возникают уже на стадии развившегося пожара, то есть всегда обусловлены влиянием развивающегося пожара.

Классификация очаговых признаков

Признаки очага пожара или очаговые признаки – это, в первую очередь, характерные зоны термических поражений конструкций и предметов, образовавшиеся в результате специфических для очага особенностей процесса горения.

Очаги пожара принято классифицировать следующим образом (рисунок 3.1) [2].

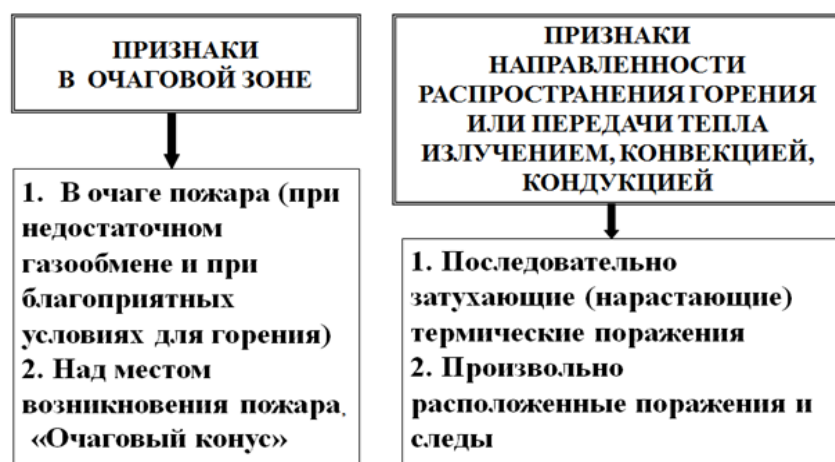


Рисунок 3.1. – Классификация очаговых признаков

Следует отметить, что вторая из перечисленных групп следов формируется не только за счет распространения собственно горения, но и за счет передачи тепла излучением, конвекцией, кондукцией.

Термические поражения предметов и материалов в очаге пожара, более значительны, чем в других зонах пожара. Это является следствием более длительного горения, соответственно более продолжительного воздействия высокой температуры в данной зоне. Однако явное выражение этого явления проявляется обычно только на небольших (неразвившихся) пожарах. Скажем, сосредоточенные термические поражения материалов в очаге пожара могут возникать в результате длительного, но не очень интенсивного теплового воздействия при тлеющем горении.

Конвекция, лучистый теплообмен, кондукция, их вклад в формирование очаговых признаков

Известно, что передача тепла на пожаре осуществляется:

- конвекцией;
- кондукцией (теплопроводностью);
- излучением.

На той или иной фазе развития пожара или на каком-либо его участке может преобладать один из видов теплообмена.

Все эти три физических процесса вносят свой вклад в формирование признаков очага пожара [10].

Формирование очаговых признаков за счет конвекции

Конвективный теплообмен протекает между газом (жидкостью) и твердым телом за счет движения среды. Конвекция имеет место на всех стадиях пожара, но особенно в начале горения, когда уровень теплового излучения еще недостаточно высок. Конвекция возникает сразу в начале горения, как только в очаговой зоне повышается температура.

Причиной возникновения естественной конвекции на пожаре является взаимное перемещение нагретых продуктов горения, поднимающихся вверх и холодных частиц воздуха, опускающихся вниз. За счет конвекции

осуществляется подсос воздуха в зону горения, что способствует развитию пожара.

Конвективные потоки, имеющие высокую температуру, нагревают на путях своего распространения конструкции, предметы и материалы, что может вызвать воспламенение горючих веществ, а также деформацию и разрушение негорючих элементов и частей здания. Из-за этого на пути распространения от очага пожара конвективной струи образуются термические поражения материалов и конструкций. Термические поражения на различных материалах и конструкциях проявляются соответствующим образом и все это происходит в основном в локальной зоне.

Форма этой зоны весьма специфична. В спокойной атмосфере конвективный поток направлен вверх, и локальные термические поражения образуются над очагом, на потолке и на боковых ограждающих конструкциях (стенах). На потолке эти термические поражения имеют в идеальном случае форму круга, а на боковых поверхностях форму конуса, вершина которого обращена вниз, в сторону очага. Такой формы термические поражения принято называть «конвективным очаговым конусом».

Необходимо отметить, что очаговый конус классической формы формируется далеко не на каждом пожаре и тем более, не всегда сохраняется, элементы конуса часто отклоняются от вертикали под влиянием воздушных потоков в помещении. В низких помещениях конус выражен хуже, так как разность температур при небольшом перепаде высоты незначительна. Кроме того, конвективный поток быстро «упирается» в потолок и "размывается" вширь.

Лучше всего конвективная струя формируется в высоких помещениях, высотой более 8 – 10 м. Соответственно, здесь лучше выражены очаговые признаки (следы конуса).

Формируется очаговый конус и на наклонных конструкциях, например, по мере прогара рубероидной крыши.

По мере развития пожара коэффициент теплообмена конвекцией сначала увеличивается, а затем уменьшается. На стадии развившегося пожара преобладающее значение приобретает теплообмен излучением [10].

Формирование очаговых признаков за счет излучения

Лучистый теплообмен не требует наличия промежуточной среды между источником и приемником тепла и таким образом, не зависит от направленности движения воздушных потоков. Перенос энергии при этом осуществляется посредством электромагнитных волн, которые могут поглощаться, пропускаться или отражаться поверхностью тел, а также отбрасывать тени при блокировании излучения непрозрачным объектом. Излучение становится господствующим видом теплопереноса на стадии развившегося пожара. Источником наиболее сильного излучения является пламя. Однако большая часть излучения испускается мельчайшими частицами сажи, которые сравнительно быстро заполняют объем помещения

и настолько изолируют пламя, что его лучистая энергия перестает оказывать влияние на нагревание окружающих конструкций и предметов.

Тепловое излучение пламени на близлежащие поверхности вносит свой вклад в формирование очаговых признаков. Под действием лучистой энергии может происходить заметный односторонний (со стороны очага) нагрев и разрушение конструкций. Это один из признаков направленности распространения горения, и благодаря которым поверхности, обращенные в сторону очага, получают большие термические поражения.

У сгораемых материалов это проявляется в более глубоком обугливании со стороны более интенсивного теплового воздействия. У металлоконструкций деформация происходит преимущественно в сторону источника тепла.

На ряде пожаров при достаточном количестве горючего материала и притока свежего воздуха может наступить момент полного охвата пламенем всего помещения, когда мгновенно загораются все горючие материалы. Такое явление называют часто *общей вспышкой*, и наблюдается оно в небольших комнатах, гостиничных номерах, где на довольно ограниченной площади сосредоточена высокая пожарная нагрузка, причем состоящая из таких горючих материалов, как древесина, пластмассовая декоративная отделка, пенопласты (наполнитель мягкой мебели).

Происходит общая вспышка, когда поверхности стен и потолка оказываются достаточно прогретыми конвективными потоками. Вследствие излучения от нагретых поверхностей потолка и припотолочного слоя стен, а также от раскаленных частиц сажи горючие материалы прогреваются до такого состояния, при котором они могут воспламениться и гореть (рисунок 3.2). Это наступает, когда интенсивность лучистого теплового потока от припотолочного слоя достигнет 20 кВт/м^2 на уровне пола или поверхности мебели. Обычно такое явление наступает, когда пламенем оказывается охваченным около 30% помещения [10].

Формирование очаговых признаков за счет кондукции

Кондукция или теплопроводность определяет интенсивность тепловых потоков в твердых материалах с высоким коэффициентом теплопроводности.

Во-первых, теплопроводность играет основную роль в формировании «разрушений и следов горения в очаге». Горение любого твердого материала есть постепенное продвижение фронта горения (фронта пиролиза) по его поверхности. За счет теплопроводности впереди зоны горения материал прогревается (возникает так называемая зона подготовки), из него выделяются горючие летучие продукты, которые и воспламеняются. Так происходит продвижение фронта пламени (или фронта тления) по материалу.

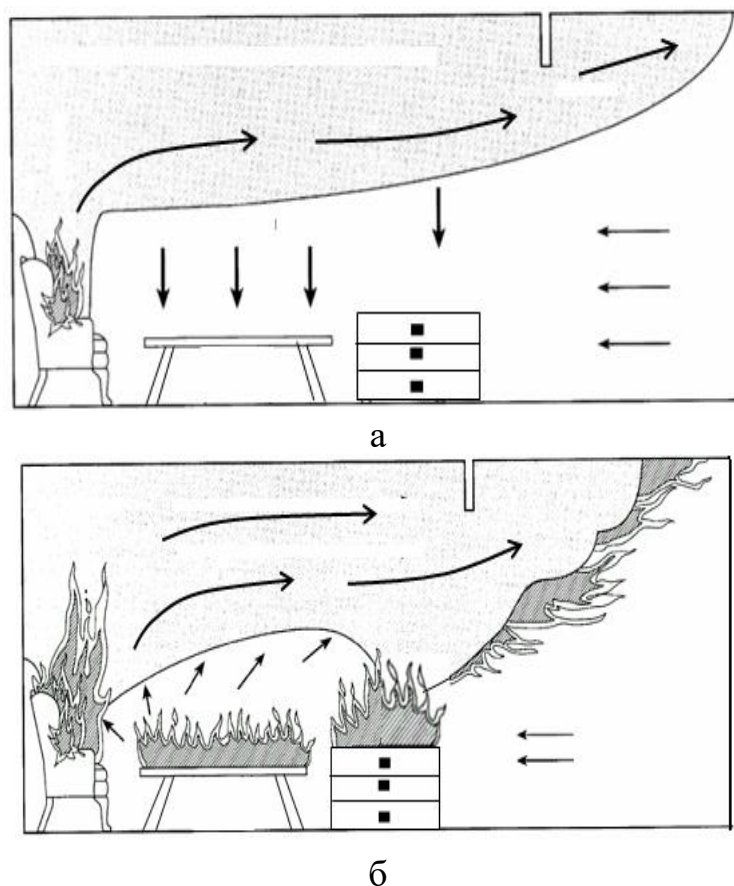


Рисунок 3.2. Схема возникновения общей вспышки
а – подготовительный период;
б – момент полного охвата помещения пламенем

Во вторых, кондукция может играть существенную роль в возникновении и развитии пожара, особенно при наличии материалов с достаточно высокой теплопроводностью (прежде всего, металлов). Известно достаточно большое количество пожаров, произошедших в результате прогрева металлоконструкций от электро- или газосварки и последующего загорания материалов в соседнем помещении, в которое выходит прогретая металлоконструкция.

В третьих, за счет прогрева металла кондукция может формировать очаговые признаки на внешней поверхности металлических стен и корпусов, например, кузова автомобиля, борта морского судна, внешней поверхности холодильника или иного металлического шкафа и т.д. Проявляется это в выгорании краски на обратной стороне металлоконструкции, деформации металла.

Влияние на формирование очаговых признаков условий воздухообмена и некоторых других факторов

Для того чтобы очаговые признаки успели сформироваться, необходимо время. Достаточно быстрое распространение горения из очага не способствует формированию очаговых признаков. Такая ситуация может возникнуть в случае если в помещении на большой площади была разлита и подожжена легковоспламеняющаяся жидкость. Наоборот, в условиях, когда

материалы горят не очень интенсивно и медленно распространяют горение по поверхности, в условиях ограниченного воздухообмена очаговые признаки, как правило, образуются очень явственно.

Практически, сочетание необходимых и благоприятных для быстрого интенсивного горения факторов создается очень редко, и обычно очаговые признаки все же успевают сформироваться. Особенно это характерно для помещений с явно недостаточным воздухообменом - небольших, неветилируемых помещений, типа кладовых. Там в зоне очага часто возникают сосредоточенные глубокие разрушения вследствие длительного тления в пределах ограниченного участка.

Вообще, в условиях ограниченного воздухообмена внешние признаки очага могут не зависеть даже от мощности источника зажигания. В таком случае сосредоточенные и схожие между собой прогары могут образоваться как при горении, возникшем от такого маломощного источника зажигания, как тлеющее табачное изделие, так и в результате поджога с применением ЛВЖ [10].

3.2 Формирование признаков направленности тепловых потоков и распространения горения

Эти признаки возникают на путях распространения пожара из очага. Они могут быть расположены на значительном удалении от очага, иногда в пределах всей зоны пожара. В их формировании проявляются те же закономерности горения, что и при формировании очага, и во многом решающим здесь оказывается фактор времени. Чем дальше от очага, тем влияние тепловых потоков слабее, а собственно горение более кратковременно, поэтому меньше степень термических поражений конструкций и материалов.

Такая закономерность меняется в случае распространения горения по вертикали.

Признаки направленности распространения пожара по горизонтали

Если в пределах зоны пожара горение было ликвидировано достаточно быстро, и остатки конструкций хоть частично уцелели, то можно проследить признаки распространения горения и тепловых потоков по горизонтали. С удалением от очага разрушения они уменьшаются (затухают) и, соответственно, с приближением к очагу нарастают.

Такие последовательно затухающие (нарастающие) поражения и следы горения - первый и основной признак в группе признаков направленности распространения горения и тепловых потоков. Его можно обнаружить визуально, например, по выгоранию деревянных перегородок, стоек, других элементов. Затухающие (нарастающие) поражения могут проявляться и в других признаках - последовательно уменьшающейся глубине обугливания по длине одной деревянной конструкции, уменьшении (увеличении) деформации металлических элементов и т.д.

Последовательное уменьшение (с удалением от очага) выгорания перегородок частично определяется конвекцией (чем дальше от очага, тем менее прогреты конвективные потоки), но, в большей степени, в этом сказывается действие излучения, а также меньшая, по мере удаления от очага, длительность горения.

Вот почему при осмотре места пожара очень важна не просто констатация того, что деревянные стойки сарая, склада, коровника обуглены, а необходимость фиксации места обугливания путем измерений с указанием глубины обугливания. И если из результатов измерения выяснится, что глубина обугливания балок (стоек) или величина деформации металлических элементов последовательно возрастает, скажем, с севера, на юг, это будут существенные фактические данные, позволяющие предметно рассуждать о месте расположения очага пожара.

С глубиной обугливания, как критерием для поисков очага пожара, могут возникнуть проблемы. Но если не применялись инструментальные методы исследования, то лучше располагать цифровой информацией по глубине обугливания, чем вообще никакой или иметь фразы типа: «все деревянные конструкции сгорели».

Термические поражения на одинаковых, повторяющихся в конструкции здания элементах - балках, стропилах, стойках - это периодически повторяющиеся поражения.

Последовательно уменьшающаяся глубина обугливания какого-либо одного конструкционного элемента - бревна, деревянной стенки по длине - это сплошные затухающие поражения.

Необходимо отметить, что последовательное изменение степени термических поражений по мере удаления от очага может нарушаться вторичными очагами горения и другими явлениями.

Признаки направленности распространения горения (или признаки направленности теплового воздействия) формируются и на отдельных конструктивных элементах зданий и сооружений. Их называют ***"произвольно расположенные признаки"***. Например, на отдельных деревянных столбах всегда полезно оценить степень термических поражений с разных сторон измерением глубины обугливания. Так можно установить, с какой стороны тепловое воздействие на столбы было более интенсивно. Это тоже признак направленности теплового воздействия [2].

Признаки направленности распространения пожара по вертикали. Верховые пожары

В случае направленности распространения горения по вертикали решающее значение в формировании очаговых признаков приобретает конвекция. Распространение конвективных потоков на пожаре подобно стеканию воды, но обратно ей по направлению. Вода стекает сверху вниз, находя для этого малейшие щелочки, а дым, газообразные продукты сгорания точно также стремятся вверх. Это, безусловно, верное, наблюдение

позволяет сформулировать следующее правило: при поисках очага необходимо найти самую нижнюю зону со следами горения.

Если пожар произошел, например, на втором этаже здания он редко и не сразу уйдет на первый этаж. Быстрее горение проникнет на третий и вышележащие этажи. Конечно, это общее правило, и из него, как и из любого правила, бывают исключения. Горящие предметы могут падать вниз и создавать вторичные очаги горения.

Все же, в общем случае, в поисках очага пожара необходимо двигаться по следам термических поражений.

Способность конвекции уносить тепло пожара вверх обуславливает ряд важных для специалиста обстоятельств. Вот некоторые из них.

а) В помещении, в котором происходит пожар, наблюдается зонирование температуры газовой фазы по высоте. Соответственно, и конструкции (стены, перекрытия) прогреваются чем выше, тем сильнее. Поэтому термические поражения стены, отделочных материалов на ней должны нарастать снизу-вверх.

Если эта закономерность нарушается, если внизу стена на каком-то участке прогрелась или пострадала больше чем сверху, значит необходимо найти источник прогрева, располагавшийся именно на этом локальном участке.

Наоборот, если имеется локальный более холодный (менее поврежденный) участок наверху, значит, стену что-то закрывало, экранировало от тепла.

б) По тем же причинам на полу обычно более «холодно», чем в вышерасположенных зонах помещения. Снизу происходит приток свежего холодного воздуха, теплые газы уходят вверх. Поэтому признаки очага и другие характерные термические поражения конструкций, вещественные доказательства лучше сохраняются в нижней зоне, на уровне пола. Так, например, замечено, что если электрокипятильник, приведший к пожару, находился на полу или упал туда на начальной стадии пожара, на нем сохраняются характерные признаки работы в аварийном режиме. Если же он при пожаре находился на столе, указанные признаки нивелируются и обнаружить их после пожара не удастся. По этой же причине искать остатки горючей жидкости, применявшейся для поджога целесообразно на полу или под полом.

в) Если очаг пожара расположен достаточно высоко, или горение началось в смежных помещениях и проникло в помещение поверху, то в таком помещении, обычно, сохраняются и полы, и даже мебель - столы, стулья. Их может завалить обгоревшими остатками потолка, но если не возникнет вторичных очагов, то и предметы, и сгораемая отделка стен в нижней их части сохраняются. Образуются так называемые **признаки верхового пожара**. Такие помещения обычно можно исключать из круга помещений, где подозревается очаг.

В зданиях и сооружениях, где имеются закрытые проемы, пустотные деревянные конструкции горение часто развивается в скрытой форме именно по этим пустотам. Такие пожары сложны не только с точки зрения тушения, но и с точки зрения их расследования. В поисках очага бывает необходимо проследить, как развивалось горение по пустотным пространствам. Сделать это в ряде случаев можно следующим образом:

- нужно вскрыть пустотную перегородку или поднять доски пола;
- перевернуть доски «наизнанку».

Если горение развивалось, например, внутри конструкции пола, то можно по характеру и степени обгорания досок попытаться проследить, где горение ушло внутрь пола, а где вышло из пустотной конструкции. Иногда это удается сделать.

Всегда нужно помнить, что направление конвективных и любых других воздушных потоков в ходе развития пожара может меняться, причем неоднократно. Происходит это вследствие нарушения оконного остекления, образования прогаров, разрушения конструкций, вскрытия их пожарными подразделениями, вследствие применения дымососов. Поэтому так важно при расследовании крупных пожаров иметь данные по динамике их развития и тушения [2].

3.3 Возникновение ситуаций, осложняющих формирование очаговых признаков

Необходимо констатировать, что на реальных пожарах не всегда дело обстоит столь однозначно и удачно для специалиста ИИПЛ.

В многочисленных реальных ситуациях пожара:

- очаговые признаки могут не сформироваться;
- очаговые признаки могут нивелироваться или исчезнуть совсем в ходе развития горения;
- очаговые признаки могут представлять собой так называемые «вторичные очаги» или «очаги горения». На пожаре, увы, ложных очагов бывает зачастую многократно больше, чем настоящих. И они могут запутать даже опытного специалиста.

Ситуации, когда очаговые признаки изначально не сформировываются

Такие ситуации складываются при очень быстром развитии горения, а это может произойти в случаях:

- хороших условий воздухообмена;
- мощных источников зажигания;
- применения инициатора горения (ЛВЖ, ГЖ и др.);
- особых архитектурных особенностей здания (наличие объемных пустотных пространств);
- особых пожароопасных свойств отделки помещений, способствующих быстрому развитию горения.

Благоприятное для развития горения сочетание факторов встречается довольно редко и горение на первой (начальной) стадии пожара чаще протекает все-таки в пределах ограниченного участка. Это и приводит к образованию более или менее выраженных очаговых поражений и следов.

Нивелирование и исчезновение очаговых признаков в ходе развития горения

Нивелирование (сглаживание) визуально наблюдаемых очаговых признаков, вплоть до их полного исчезновения складывается на пожаре более часто, нежели не формирование очаговых признаков.

Такая ситуация особенно характерна для крупных пожаров, где как правило, отдельные четко выраженные локальные очаги оказываются вторичными, а первичный очаг пожара часто скрыт «на просторах» основной зоны горения площадью иногда в сотни и тысячи квадратных метров.

Процессы, приводящие к исчезновению очаговых признаков, могут быть различными и сами по себе представляют очень опасные явления в развитии пожара, как с точки зрения уничтожения материальных ценностей, так и с позиции опасности для жизни людей. Эти же процессы многократно усложняют работу технических специалистов.

а) К таким явлениям относится, например, «общая вспышка». Общая вспышка и следующее за ней интенсивное горение может нивелировать следы очаговых признаков, сложившиеся на начальном этапе или даже полностью уничтожить их, что затрудняет поиски очага пожара.

Общая вспышка, происходит при достаточном притоке воздуха в помещение, то есть в режимах горения, регулируемых вентиляцией.

б) При недостаточной вентиляции пожар, если он автоматически не прекратился, может происходить с такой малой скоростью, которая диктуется ограниченной доступностью кислорода. При этом горение часто происходит в режиме тления, а такой режим подразумевает образование и накопление в замкнутом объеме большого количества продуктов неполного сгорания и, с другой стороны, недостаточно интенсивное тепловыделение, чтобы воспламенить образовавшуюся газопаровоздушную смесь, на той стадии, когда ее концентрация находится в диапазоне концентрационных пределов распространения пламени. Таким образом, концентрация образовавшихся горючих газов и паров может превысить верхний концентрационный предел распространения пламени, а в таком состоянии смесь уже не может воспламениться, хотя интенсивность тепловыделения может оказаться уже достаточной для того, чтобы тлеющий материал стал потенциальным источником зажигания. Помещение оказывается готовым к тому, чтобы мгновенно вспыхнуть (иногда со взрывом) при внезапном резком доступе воздуха, что может произойти или при разрушении остекления или, что чаще бывает, при открытии двери. Такое явление называют **обратной тягой**. По чисто внешним признакам явления общей вспышки, и обратной тяги могут оказаться очень схожими, но по существу

это два совершенно различных процесса, одинаково приводящие к нивелировке или полному уничтожению следов первоначального очага.

В случаях такого рода пожаров остается только применять инструментальные методы для выявления скрытых очаговых признаков пожара. Например, существует надежный инструментальный метод выявления протекания процесса тлеющего горения [10].

3.4 Формирование вторичных очагов (очагов горения)

Оказавшись на месте пожара и довольно быстро обнаружив «очаговый конус», не следует тут же успокаиваться и воображать, что очаг пожара уже найден. Зона с внешними признаками очага может оказаться зоной вторичного очага или очага горения.

Вторичные очаги бывают двух типов:

- а) местные очаги,
- б) изолированные очаги.

Местные очаги возникают в пределах зоны горения за счет:

- сосредоточения горючих материалов;
- более благоприятных условий горения (например, лучшего доступа воздуха);
- менее эффективного или запоздалого тушения.

Определиться с такими очагами можно используя всю имеющуюся информацию по распределению пожарной нагрузки, по условиям развития горения и динамике тушения.

Изолированные очаги горения - это очаги, непосредственно не связанные с основной зоной горения. Образуются они на смежных, а иногда и весьма удаленных постройках, сооружениях, частях здания, путем передачи тепла излучением, конвекцией, теплопроводностью, а также при непосредственном попадании горящих углей, искр на горючие материалы, находящиеся вне зоны горения.

Очень велика роль конвекции в формировании вторичных очагов. Особенно это свойственно крупным пожарам, на которых возникают мощные вихревые конвективные потоки, состоящие как собственно из конвективных газовых струй, так и из подхваченных этими струями мелких и крупных горящих частиц.

На нефтепромыслах при очень быстром испарении разлитой горючей жидкости может наступить явление взрыва парового облака. Взрыв парового (газового) облака – это процесс быстрого горения, происходящий на открытом пространстве в результате воспламенения облака, содержащего горючий пар и сопровождающийся возникновением взрывной волны.

Воспламенение облака, содержащего горючий пар, не всегда приводит к взрыву парового облака. Облако пара, смешанное с воздухом, но переобогащенное топливом и не способное, поэтому объемно детонировать, начинает гореть вокруг своей внешней оболочки и вытягивается, образуя огневой шар. Такие огневые шары крайне опасны. Если они вызваны

горением углеводородов, то светятся и излучают тепло, что может причинить смертельные ожоги и зажечь горючие предметы. Поднимаясь, огневой шар образует грибовидное облако, ножка которого - это сильно восходящее конвективное течение, способное всасывать, зажигать и переносить на большие расстояния горящие предметы.

Практика исследования крупных пожаров показывает, что десятки метров - не предельный радиус разноса горящих частиц. Так, на пожарах лесоскладов и лесобирж, при площади пожара до 3000 квадратных метров радиус разлета может быть до 440 м, а при площади горения 25000 квадратных метров наблюдался разлет горящих частиц на расстояние до 2 километров. Да и величина разлетающихся горящих частиц может быть очень велика. Иногда в конвективные струи вовлекаются целые горящие головни, размером до полуметра.

Роль тепловой радиации в образовании изолированных очагов горения должна быть понятна без пространных комментариев. Лучистое тепло от одного горящего дома или стога сена может привести к загоранию другого дома (стога). Произойдет это, если тепловой поток, воздействующий на второй объект, превысит критические значения, необходимые для загорания обращенных к горящему объекту материалов и конструкций. Стоит отметить, что явление общей вспышки, также определяемое излучением, может аналогичным образом привести к образованию **вторичных очагов**.

Роль кондукции в появлении вторичных очагов может быть велика в тех случаях, когда мощному нагреву на пожаре подвергаются материалы с высокой теплопроводностью. Еще больше возрастает вероятность таких случаев, когда элемент с высокой теплопроводностью конструкционно находится внутри теплоизоляционного материала, например, когда прогрев, проходящих сквозь стены, перекрытия металлических элементов (например, труб отопления) приводит к загоранию материалов и изделий в соседнем помещении.

Довольно часты случаи образования вторичных очагов за счет стекания горячей жидкости или расплавленных полимерных материалов. Так, например, если продукты сгорания из комнаты выходят в соседнее помещение, где на потолке установлены люминесцентные светильники с экранами из органического стекла, последнее расплавляясь и стекая на пол, могут образовать там множественные вторичные очаги. Очень часты вторичные очаги горения на полу вблизи телевизора, хотя первичный очаг пожара может находиться внутри корпуса телевизора, а вторичный очаг образовывается за счет расплавления пластмассовой задней крышки телевизора.

Вторичные очаги (очаги горения) могут возникать и от горящих падающих вниз твердых предметов, перемещаемых в данном случае уже не конвективными струями, а просто под действием гравитации.

Формирование изолированных очагов иногда происходит вследствие утраты признаков огневой связи между зонами горения.

Бывает, что огонь доходит до какой-либо зоны обычным путем, но затем видимая огневая связь между первой и второй зонами горения утрачивается и вторичный очаг (очаги) кажутся независимыми очагами пожара.

Возможны и ситуации, приводящие к формированию вторичных очагов, например, утечка при пожаре жидкостей и газов (не горящих) из-за разрушения емкостей для их хранения, и их последующее загорание от источника зажигания или при контакте с несовместимыми веществами.

К этому случаю непосредственно примыкает такое опасное явление пожара, как **пробежка пламени**. Она происходит, обычно, в длинных узких помещениях, например, гостиничных коридорах, которые при определенных условиях могут во всем объеме или хотя бы в припотолочном слое наполниться продуктами неполного сгорания материалов, горящих в одном из смежных помещений. Эти продукты, являющиеся горючими веществами (например, угарный газ – CO), при образовании смеси с воздухом в концентрации, находящейся в границах пределов распространения пламени, могут мгновенно воспламениться (иногда со взрывом) от теплового излучения, исходящего из того же помещения, где первоначально возник пожар. Пробежка пламени способна образовать вторичные очаги по всей длине коридора, иногда на удалении до 100 м [10].

Возникновение множественных первичных очагов пожара

Вопрос о количестве очагов на пожаре важен и принципиален.

На пожаре могут образовываться изолированные очаги, являющиеся, тем не менее, независимыми первичными очагами пожара. Это может произойти:

- при коротком замыкании или перегрузке в электросети, имеющей на многих отдельных участках слабую изоляцию;
- при аварийном режиме в электрической сети, связанном с обрывом нейтрали;
- при выносе электрического напряжения на электропроводные конструкции здания;
- при искрообразовании.

Такие ситуации достаточно редки, но, все же, имеют место.

Наконец, несколько первичных очагов - важнейший квалификационный признак поджога. Это обстоятельство заставляет подходить к решению вопроса о количестве очагов пожара достаточно ответственно [2].

Способы отличия первичных и вторичных очагов (очагов пожара и очагов горения)

Поставленная задача представляется одно из самых сложных задача в исследовании пожара. Основными путями ее решения являются:

- сопоставление распределения выявленных очаговых зон с распределением пожарной нагрузки по помещению.

Зоны экстремальных термических поражений могут оказаться местными очагами горения, обусловленными характером пожарной нагрузки, например, сосредоточением легкосгораемых материалов.

- сопоставление распределения выявленных очаговых зон с особенностями тушения.

Зоны наиболее сильных термических поражений могут быть связаны с запоздалым или малоэффективным тушением. Это может быть вызвано ошибками в тактических действиях пожарных расчетов или связано с архитектурно - планировочными решениями здания или сооружения.

- применение инструментальных методов исследования материалов и их обгоревших остатков.

Радикальным средством является применение инструментальных методов исследования материалов и их обгоревших остатков, позволяющее определить длительность горения в различных зонах. Очаг пожара - это, как правило, зона, где горение происходило наиболее длительно.

- исключение возможной огневой связи между выявленными очагами.

При осмотре места пожара необходимы тщательные поиски путей огневой связи между, на первый взгляд, независимыми очагами. Только в случае если она исключена, можно говорить о существовании самостоятельных (первичных) очагов.

- «реконструкция событий» на заключительной стадии осмотра.

Исследование пожара или пожарно-техническая экспертиза должны заканчиваться стадией «реконструкции событий», когда картина возникновения и развития горения как бы восстанавливается (реконструируется) исходя из предполагаемого очага (очагов), источника зажигания, свойств конструкционных и отделочных материалов здания и т.д. И если реконструированная картина в чем-то (в динамике или направленности развития, последствиях пожара и т.д.) не "стыкуется" с точно известными обстоятельствами пожара и прочими реалиями, то значит наши предположения об очаге (очагах) и причине пожара не точны или не верны вообще.

При этом всегда полезен критический анализ выявляемых очаговых признаков. Если на месте пожара мы обнаруживаем, например, локальное выгорание конструкций, очаговый конус и тому подобные характерные признаки, то всегда полезно задать себе вопрос: «А могли ли первичные признаки вообще образоваться в данном месте при данных обстоятельствах пожара, конструктивных особенностях помещения и т.д.?»

В итоге очаг следует искать по характерным локальным сосредоточенным термическим поражениям конструкций и материалов непосредственно в очаговой зоне, над нею, на окружающих конструкциях.

При этом необходимо учитывать и желательно количественно оценивать термические поражения не только в самом предполагаемом очаге,

но и вне его, в пределах зоны пожара - так называемые признаки направленности тепловых потоков и распространения горения.

Очаг обычно предполагают в зоне наибольших или локально выраженных термических поражений конструкций и предметов. При этом надо учитывать пожарную нагрузку (ее количество и свойства), условия воздухообмена, конструктивные особенности здания (сооружения), а также дифференцировать первичные и вторичные очаги (очаги пожара и очаги горения) [2].

Контрольные вопросы:

1. Классификация признаков очага пожара.
2. Назовите ситуации, осложняющие формирование очаговых признаков.
3. Назовите признаки очага пожара, сформированные за счет кондукции.
4. Назовите ситуации, способствующие возникновению множественных первичных очагов пожара.
5. Назовите способы отличия первичных и вторичных очагов пожара.
6. Какова роль тепловой радиации в образовании изолированных очагов горения?

ГЛАВА 4. ХАРАКТЕР ПОВЕДЕНИЯ НА ПОЖАРЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

4.1 Классификация неорганических строительных материалов для целей пожарно-технической экспертизы

Важнейшей группой неорганических конструкционных и отделочных материалов являются искусственные каменные материалы, широко используемые в строительстве. Наиболее распространенные на месте пожара неорганические неметаллические строительные материалы можно для целей пожарно - технической экспертизы разделить на две большие группы (рисунок 4.1):

- материалы, при изготовлении которых используются высокие температуры обжига или плавления;
- материалы, изготовленные без использования высоких температур (не выше температуры перегретого водяного пара).

Материалы, прошедшие высокотемпературную обработку в процессе изготовления на заводе, при вторичном нагреве в ходе пожара практически не меняют своего состава, структуры и свойств. Получить путем их исследования какую-либо информацию о пожаре довольно сложно. Поэтому материалы этой группы после пожара экспертно - криминалистическому исследованию обычно не подвергаются. К материалам и изделиям этой группы относятся:

1. Материалы, полученные путем обжига:

- красный кирпич (применяется для кладки наружных и внутренних стен и фундаментов);
- кровельная черепица (применяется для кладки крыш жилых и производственных помещений),
- плитка кафельная (применяется для облицовки стен, полов и перегородок внутри помещений),
- тонкая керамика (различные изделия хозяйственно-бытового назначения),
- огнеупоры (применяются для футеровки промышленных и бытовых печей) [1].

2. Материалы, полученные путем плавления: стекла, шлакостекла, петростекла.

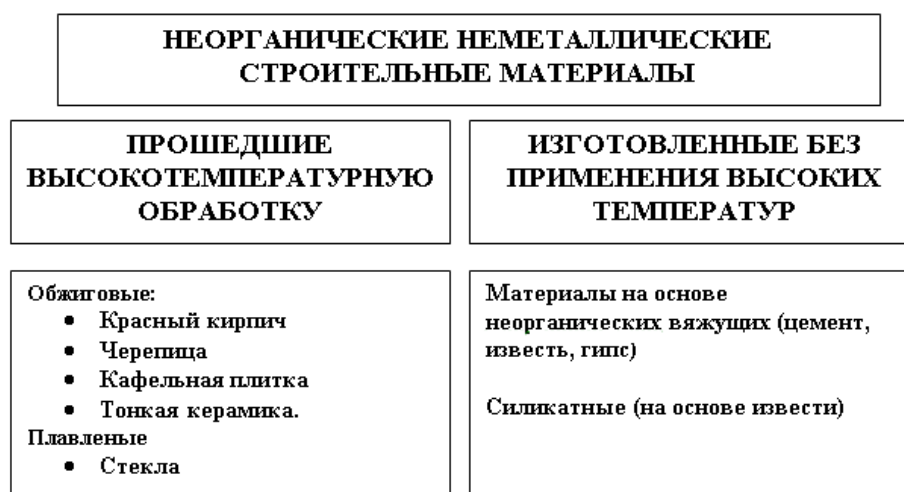


Рисунок 4.1. Классификация искусственных каменных материалов для целей пожарно-технической экспертизы

Материалы, изготовленные с использованием температур, не превышающих температуру перегретого пара (при производстве некоторых из них используется пропарка) могут быть объектами пожарно-технической экспертизы. Среди них различают:

1. Изделия на основе неорганических вяжущих материалов:

с применением воздушных вяжущих материалов - гипса, извести (способны после смешивания с водой затвердевать и сохранять довольно долго свою прочность на воздухе);

с применением гидравлических вяжущих материалов – различных цементов (при смешивании с водой застывают на воздухе и сохраняют свою прочность на воздухе и в воде).

2. Силикатные строительные материалы:

силикатный кирпич, газосиликат, пеносиликат (изготавливаются из смеси негашеной извести и кварцевого песка).

Таким образом, можно констатировать, что цемент, известь, гипс - три главных минеральных связующих, составляющие основу мировой промышленности искусственных каменных строительных материалов.

Для того чтобы понять, какие изменения могут происходить в этих материалах и изделиях из них при нагревании в ходе пожара, как их фиксировать и как использовать полученную информацию при поисках очага, рассмотрим, что собой представляют указанные связующие.

Цементы

Под названием «цементы» объединяют вещества, которые совместно с песком образуют раствор, затвердевающий при взаимодействии с водой. Самым распространенным и наилучшим в настоящее время цементом является «портланд-цемент», получающийся прокаливанием известняка с глиной, содержащей определенные соотношения силикатов кальция, алюмината кальция, феррита кальция. Тонко размолотые и хорошо перемешанные составные части обжигают в специальных трубчатых печах при 1400 - 1450 °С. Полученный материал (клинкер) подвергают очень тонкому размолу.

Известь

Гашеная известь представляет из себя гидроокись кальция и является продуктом взаимодействия окиси кальция с водой. Гашеная известь, приготовленная с определенным количеством воды, представляет из себя коллоидную пасту, содержащую значительно больше воды. Эта паста в смеси с песком образует штукатурный раствор, который схватывается сначала за счет потери воды в пористый кирпич и испарения. Через годы раствор затвердевает.

При производстве *силикатного* (белого) кирпича негашеная известь смешивается с песком и прессуется в атмосфере насыщенного водяного пара. В результате образуется кальциевый гидросиликат, он очень близкий к цементному камню.

Гипс

Гипс представляет собой сульфат кальция, встречающийся в природе в виде ангидрита, а также в огромных количествах в виде, собственно гипса.

При нагревании до 100 - 125 °С гипс частично теряет кристаллизационную воду, образуя неустойчивый полугидрат сульфата кальция – алебастр.

Порошок алебаstra при смешении с водой быстро схватывается, образуя плотную массу с небольшим увеличением объема. При нагревании выше 200 °С гипс полностью теряет кристаллизационную воду. Безводный сульфат кальция, как и алебастр взаимодействует с водой, образуя гипс [5].

4.2 Визуальные признаки термических поражений изделий из неорганических строительных материалов

Химические процессы потери кристаллизационной воды сопровождаются физико - механическими изменениями структуры и свойств

материалов. Цементный и известковый камень разрушаются, в них появляются микро- а затем и макротрещины. В бетоне и железобетоне ситуация осложняется возникающими дополнительными напряжениями из-за разных коэффициентов теплового расширения самого цементного камня и крупного заполнителя (щебня), а также стальной арматуры. Завершаются указанные физико-механические изменения полным отслоением штукатурки и защитного слоя бетона, разрушением конструкций.

Изменение цвета

а) тяжелый бетон.

Известно, что после нагрева, бетон имеет следующие оттенки цвета:

- нагрев до 300 °С - розоватый оттенок;
- 400 - 600 °С - красноватый;
- 900 - 1000 °С - бледно-серый.

б) Цементно-песчаная штукатурка.

- 400 - 600 °С - приобретает розовый оттенок;
- 800 - 900 °С - бледно-серый

Следует отметить, что не существует полной уверенности в том, что такие оттенки действительно можно уловить после реального пожара, учитывая возможные закопчения, попадание воды и т.д.

Но существует и достаточно часто проявляется другая закономерность - в более прогретых зонах штукатурка после пожара более светлого цвета. Причина такого явления, вероятно, в следующем. На пожаре при тушении водой стены намокают и там, где стена нагревалась более длительно, интенсивно и, таким образом, прогрета лучше, она, отдавая тепло после пожара, просыхает быстрее. В результате при осмотре места пожара на более прогретых участках штукатурка выглядит светлее.

Изменение тона звука и механической прочности при простукивании.

Определяется простукиванием бетонных и железобетонных конструкций. Бетон разрушается при нагревании, в нем появляются микротрещины, и тон звука меняется.

Неповрежденный бетон имеет тон звука высокий. С увеличением степени разрушения бетона тон становится глухим.

При нагреве более 500 °С - часть сечения образца при ударе средней силы откалывается. При нагреве более 600 °С - молоток при ударе сминает бетон на поверхности образца.

В настоящее время имеются малогабаритные приборы, позволяющие воспроизводить эталонные значения силы удара и численно фиксировать ударную прочность бетонных поверхностей [1].

Отслоение штукатурки

В зоне достаточно длительного и интенсивного нагрева штукатурка отваливается.

Правда, не всегда это происходит именно в зоне экстремально высоких термических поражений. Достаточно часто такое случается, когда в помещение подается вода на тушение. Гидравлический удар и резкое

охлаждение приводят к тому, что штукатурка может отвалиться не там, где была выше температура ее нагрева, а там, куда в первую очередь попала вода из пожарного ствола.

Тем не менее, зоны, где штукатурка отслоилась, обязательно нужно фиксировать при осмотре места пожара и иметь их в виду при поисках очага. Особенно интересны зоны, где штукатурка обвалилась, начиная снизу, от пола (таблица 4.1 - визуальная фиксация трещин бетонных конструкций в зависимости от нагрева).

Существуют и методики, по которым микроструктуру поверхности бетона рекомендуют исследовать с помощью специального поляризационного микроскопа. При этом определяют ширину трещин, диаметр пор, включений, скоплений. Установлены даже границы температурных интервалов, в которых происходят те или иные количественные изменения микроструктуры бетона. Методы эти, однако, весьма трудоемки, в первую очередь, из-за сложности подготовки образцов бетона для анализа и пока не нашли широкого применения [1].

Таблица 4.1. Визуальная фиксация трещин бетонных конструкций

300 - 400 °С	образуются микротрещины
500 °С	трещины видны невооруженным глазом (ширина трещин не менее 0,1 мм.)
600 - 800 °С	ширина раскрытия трещин 0,5-1,0 мм
700 - 800 °С	визуально фиксируются разрушения бетона, отслоение защитного слоя на железобетонных изделиях

Визуальная фиксация трещин на гипсе

Ориентировочная температура нагрева конструкции из гипса может быть определена с помощью данных, приведенных в таблице 4.2:

Таблица 4.2 - визуальная фиксация трещин на гипсе

200 - 300 °С	образование частых волосяных трещин (остаточная прочность 30 % начальной)
600 - 700 °С	интенсивное раскрытие трещин (остаточная прочность <20 % начальной)
800 - 900 °С	разрушение гипсового камня после охлаждения

Отложение копоти

Продукты сгорания, по мере удаления от очага остывают и содержащиеся в них твердые частицы осаждаются на вертикальных и горизонтальных поверхностях, образуя копоть. Но на поверхности конструкций и оборудования в ходе дальнейшего развития горения она остается только до температуры 600 - 630 °С, после чего выгорает. Поэтому ближе к очагу копоти может быть меньше, чем на некотором расстоянии

(естественно, до определенных пределов). Над очагом пожара и вторичными очагами копоть часто выгорает локальными пятнами.

Следует отметить, что эти пятна часто сохраняются в ходе дальнейшего развития горения, поскольку конструкция (потолок, стена) в этой зоне прогрета хорошо, а копоть не конденсируется на «горячих» местах, а преимущественно оседает на относительно более холодных поверхностях.

Таковы, в общих чертах, визуальные признаки термических поражений, с помощью которых можно ориентировочно оценивать степень термических поражений конструкций из неорганических строительных материалов. Гораздо эффективнее, конечно, можно определять степень термического поражения и ориентировочную температуру нагрева материала не по визуальным данным, а по результатам исследования с помощью специальных приборов и оборудования [1].

4.3 Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара искусственных каменных материалов

Эти методы делятся на полевые, используемые непосредственно на месте пожара и лабораторные, применяемые для исследования в лабораторных условиях отобранных на пожаре проб.

Полевые инструментальные методы исследования неорганических строительных материалов

Разрыхление массы бетона, появление в нем микро- и макротрещин сопровождается изменением его акустических характеристик. Это явление можно определить при простукивании бетона и определении при этом тона звука на слух. Существует, однако, и более объективный способ оценки акустических характеристик бетонных изделий посредством пропускания через поверхностный слой бетона ультразвуковой волны. Метод первоначально разрабатывался как способ оценки качества бетонных и железобетонных конструкций в строительстве, а с середины 70-х годов он стал успешно использоваться в экспертизе пожаров.

Ультразвуковой импульсный метод исследования бетонных и железобетонных конструкций основан на измерении скорости прохождения ультразвуковых волн в поверхностном слое бетона, которая последовательно снижается по мере разрушения бетона под действием температуры.

Прибор, который называется ультразвуковым дефектоскопом (рисунок 4.2), имеет два выносных электроакустических преобразователя. Первый - испускает ультразвуковые импульсы, другой принимает, при этом фиксируется время, за которое ультразвуковая волна проходит расстояние между электроакустическими преобразователями, и рассчитывается ее скорость. В зависимости от исполнения прибора положение датчиков может быть жесткофиксированным или свободно изменяться, во втором случае результат измерения в меньшей степени зависит от размера образца.

Скорость поверхностной ультразвуковой волны в не нагретом бетоне составляет около 2000 - 2500 м/с.



а.

б.

Рисунок 4.2. Ультразвуковые дефектоскопы
а - с зафиксированными датчиками измерения;
б - дефектоскоп с расстоянием между датчиками

При увеличении температуры и времени нагрева скорость ультразвука последовательно снижается. Это обстоятельство дает возможность, сравнивая скорость ультразвука на соседних участках стены, плиты, выявлять зоны термических поражений.

Выпускаемые ультразвуковые дефектоскопы, рассчитаны на исследование различных материалов – металлов и сплавов, бетонных и железобетонных конструкций, а также для медицинских наблюдений. При исследовании пожаров в настоящее время используются только дефектоскопы для бетонной и железобетонной конструкции. Электроакустические преобразователи при необходимости могут быть снабжены усилителями ультразвуковых волн. Кроме того, для работы на пожаре электроакустические преобразователи должны иметь специальные насадки с точечным контактом и быть установленными на специальном шаблоне, фиксирующем расстояние между преобразователями, со штангой. Расстояние между преобразователями (так называемая, база) обычно составляет 60-100 мм. Штанга, на которой устанавливается шаблон, необходима для того, чтобы на пожаре можно было легко дотянуться до потолка, поскольку потолок в помещениях, сделанный из железобетонных плит перекрытия - самый распространенный объект исследования по данной методике. На пожаре он, в отличие от стен, не загорожен мебелью и, как зеркало, «отражает», фиксирует все, что происходит в помещении.

На месте пожара ультразвуковое исследование проводится обычно в следующем порядке:

- намечаются конструкции для обследования;
- составляется план конструкции (потолка, стены) в масштабе;
- на конструкции намечаются точки, в которых будет производиться исследование. Обычно расстояние между точками, т.е. «шаг измерений», составляет 25-50-100 см. (в зависимости от размеров конструкции и конкретных обстоятельств).

- включается дефектоскоп, шаблон с преобразователями (датчиками) прижимается к конструкции в первой намеченной точке и производится измерение времени прохождения ультразвукового импульса от датчика к датчику (в микросекундах) или скорость импульса.

Измерение обычно производится в двух перпендикулярных направлениях и учитывается большее время (t , мкс) (или, соответственно, меньшая скорость). Делается это из-за того, что наличие в конструкции железной арматуры, если она расположена по направлению движения ультразвуковой волны, увеличивает скорость последней, проводя измерение в двух перпендикулярных направлениях и выбирая большее время прохождения импульса мы тем самым исключаем влияние арматуры на результат измерений.

Результаты измерений во всех намеченных точках – значения времени или относительной скорости прохождения ультразвуковых волн Cr/Co , рассчитанной как отношение скорости в данной точке (Cr) к скорости в зоне, не подвергшейся нагреву (Co), наносятся на план обследуемой конструкции. На плане выделяются зоны с Cr/Co в пределах 1,0-0,9; 0,9-0,8; 0,8-0,7 и т.д., либо зоны с различными значениями времени. Эти зоны и являются зонами термических поражений исследованной конструкции. Зона наибольших термических поражений будет соответствовать полю наибольших значений времени или наименьших значений Cr/Co .

Полученные данные по распределению зон термических поражений сопоставляется с распределением пожарной нагрузки. Данные используются в поисках очага пожара.

Рассмотренный ультразвуковой метод исследования после пожара бетонных и железобетонных конструкций имеет как свои явные положительные стороны, так и недостатки [10].

Преимущества метода:

- а) это один из немногих инструментальных методов, применяемых непосредственно на месте пожара (полевой метод);
- б) метод достаточно быстрый и нетрудоемкий;
- в) нет ограничений по времени применения – пользоваться им можно и через неделю, и через месяц после пожара. Термические поражения сохраняются. Даже произведенный ремонт (побелка потолка) не мешают последующему ультразвуковому исследованию.

Недостатки метода:

- а) ультразвуковой метод выявления зон термических поражений - метод сравнительный (мы сравниваем акустические характеристики различных участков бетонной конструкции), поэтому исследуемые бетонные и железобетонные изделия должны быть с относительно равномерными исходными акустическими свойствами, таковыми же являются, как правило, только качественные бетонные изделия заводского производства. Последнее обстоятельство особенно актуально при исследовании помещений,

построенных за последние несколько лет по технологии предусматривающей заливку бетона непосредственно на месте строительства.

б) нельзя проводить измерения в зонах значительных разрушений бетона, где температура превысила 700 - 800 °С и где бетон рассыпается и отслаивается. А именно эти зоны часто оказываются наиболее интересными [10].

Дистанционные методы исследования остаточных температурных полей

На начальной стадии исследования пожара специалистам может понадобиться информация о температурах прогрева строительных конструкций. Там, где ограждающие конструкции теплее скорее всего они грелись дольше, поэтому в этом месте нужно искать очаг пожара. Для этих целей в арсенале специалистов исследовательских испытательных пожарных лабораториях, предназначенных для исследования места пожара, практически всегда имеются пирометр различной модификации (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3.

Инфракрасный пирометр

Пирометр – прибор для бесконтактного измерения температуры. Принцип действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта измерения преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. Пирометром можно снять показания на нескольких уровнях стены и нанести их на план – схему места пожара. Выделив зоны наибольшего прогрева можно выйти на очаг пожара

В тех же целях при наличии оборудования для формирования доказательной базы при фиксировании оставшихся температурных полей может использоваться тепловизор. Это устройство для съемки изображений в инфракрасном диапазоне волн. т.е., по другому говоря, тепловизор - это оптико-электронная система, предназначенная для получения видимого изображения объектов, испускающих невидимое тепловое (инфракрасное) излучение. Чаще всего тепловизор используется в качестве прибора ночного видения или для получения температурного поля объекта.

При помощи тепловизора можно мгновенно измерить температуру десятков тысяч точек объекта. Тепловизоры являются измерительными приборами, поэтому их иногда называют измерительными тепловизорами. С помощью тепловизора можно увидеть и зафиксировать целиком картину температурных полей неостывших конструкций после пожара. Изображение с тепловизора можно распечатать и вложить в дело о пожаре (рисунок 4.4 -

пример составления схемы распределения остаточных температурных зон на стене, прилегающей к очагу пожара).

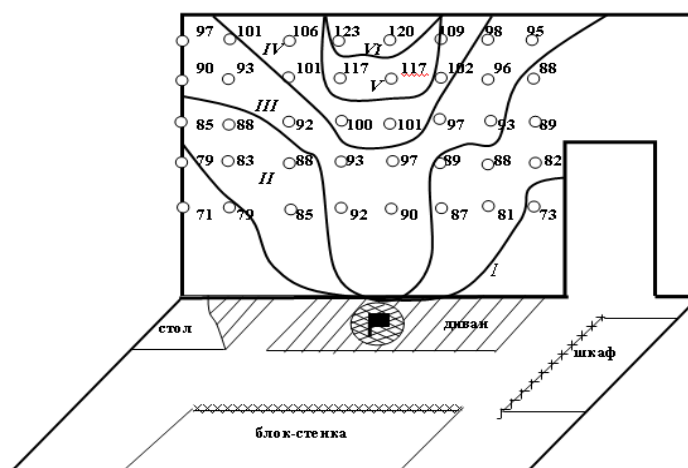


Рисунок 4.4. Распределение остаточных температурных зон на стене, прилегающей к очагу пожара [10].

Лабораторные инструментальные методы исследования неорганических строительных материалов

Отбор проб на месте пожара

На исследование могут отбираться пробы бетона и железобетона как заводского, так и изготовленные методом литья в опалубку непосредственно на стройке; в том числе стен из бетонных блоков с различными наполнителями; пробы силикатного (белого) кирпича, пробы штукатурки, сухой штукатурки (гипсовые плиты).

Если стена сложена из красного кирпича, на исследование отбирают пробы цементного камня из кладочного раствора, скрепляющего кирпичи. Точно так же можно отобрать пробы цементного или гипсового раствора на стене, облицованной кафельной плиткой.

Отбор проб необходимо осуществлять по горизонтальному уровню расположенному параллельно полу, чтобы места отбора проб находились на одной высоте, поскольку разновысотные пробы могут различаться по степени прогрева из-за влияния конвективного прогрева.

Пробы отбираются путем скалывания молотком из поверхностного слоя (менее 3-5 мм.), очищенного от остатков краски, мусора, копоти.

Масса отбираемой пробы должна составлять 1-10 грамм (в зависимости от последующего метода анализа).

Можно и нужно отбирать пробы в наиболее разрушенных зонах, в том числе по периферии зон отслоения защитного слоя бетона, где ультразвуковые исследования невозможно произвести.

В лаборатории пробы для всех видов анализа измельчают, сушат при температуре 80-100 °С и исследуют.

Основными методами лабораторного исследования проб неорганических строительных материалов являются:

- 1) рентгеноструктурный анализ (РСА);
- 2) инфракрасная спектроскопия (ИКС);
- 3) термический анализ.

В отличие от ультразвукового метода они позволяют исследовать всю гамму материалов на основе цемента, извести, гипса. Ценно то, что на бетонных и железобетонных конструкциях пробы на исследование можно отбирать, в том числе, и в зонах сильных разрушений, где применение ультразвукового метода неприемлемо.

Термический анализ

В любом веществе при изменении температуры протекают различные процессы: физические (плавление, кристаллизация, испарение или кипение) и химические (разложение, термоокислительная деструкция, сшивка и т.п.). Все они могут сопровождаться выделением и поглощением тепла, изменением массы и других свойств. Фиксация колебаний свойств материала в зависимости от температуры составляет сущность различных методов термического анализа.

Термический анализ используют в двух вариантах: простейшем – тигельно-весовом и в варианте синхронного термического анализа.

В тигельно-весовом анализе растертые пробы засыпают в фарфоровые тигли и нагревают в муфельной печи при температуре 800 °С в течение 1-1,5 часа. После нагрева и охлаждения пробы повторно взвешивают, определяя величину убыли массы пробы (% масс.) Эта величина (L,% масс.) может быть использована в качестве критерия степени термического поражения материала на пожаре, чем она меньше, тем выше степень термического поражения [2].

4.4 Классификация металлических изделий для целей пожарно-технической экспертизы. Физико-химические изменения, возникающие с металлическими изделиями на пожаре

Наиболее распространенными металлами, из которых изготавливают различные конструкции и изделия являются сплавы на основе железа, алюминия, меди. Все они, в разной степени, могут быть объектами пожарно-технической экспертизы.

Чистое железо – блестящий белый металл с температурой плавления 1528 °С. Чугун содержит обычно 2 – 5 % углерода и другие примеси (до 10 %). Температура плавления чугунов 1100 –1200 °С. Стали – это сплавы железа с углеродом, содержащие до 2 % углерода. Температура плавления сталей находится в пределах 1300-1400 °С.

Сталь с содержанием углерода менее 0,5 % называется ковкой сталью. Она сравнительно мягка, поддается ковке и хорошо сваривается. Углеродистые стали с содержанием углерода около 1,4 % исключительно тверды. В сталях специального назначения (легированных сталях) содержатся значительные количества кремния и марганца. Другими легирующими добавками могут быть ванадий, хром, молибден, вольфрам,

никель, кобальт. Нержавеющие стали содержат большие количества хрома (до 18 %) и никеля (до 8 %).

Стальные конструкции и изделия очень распространены в промышленности и в быту, их почти всегда можно отыскать на месте пожара. Среди прочих металлов, стали являются наиболее информативным объектом экспертного исследования при поиске очага пожара.

Стальные изделия, которые могут подвергаться исследованию после пожара, разделяют на две группы:

- 1) горячекатаные стальные изделия;
- 2) холоднодеформированные стальные изделия.

Методом горячей прокатки изготавливается основной сортament стальных изделий – уголков, тавров, двутавров, труб, листа, затем из них сваривают конструкции зданий и сооружений, технологического оборудования.

Холоднодеформированными стальными изделиями называют изделия изготовленные методом холодной деформации – протяжки, штамповки и др.. Путем холодной деформации (наклепом) изготавливаются все наиболее распространенные типоразмеры крепежных изделий - болты, гайки, шпильки, винты, шурупы, гвозди, некоторые типы труб, штампованные корпуса и детали приборов, оборудования, автомобилей. Последующей термической обработке на заводе они не подвергаются, сохраняют структуру холодной деформации и являются важными объектами исследования при установлении очага пожара.

Чистая медь – тягучий вязкий металл светло-розового цвета. Температура плавления меди 1083 °С. Существующая на поверхности тончайшая пленка черной окиси меди придает меди более темный цвет. При нагревании на воздухе медь темнеет за счет образования более плотной пленки окиси меди. При более высокой температуре (около 100 °С) окись меди разлагается с образованием закиси меди красного цвета. Это обстоятельство дает возможность в отдельных ситуациях оценивать, превышала ли температура в зоне, где находится медное изделие, указанную температуру.

По масштабу своего применения в промышленности медь занимает второе место, после стали. Огромное количество меди идет на изготовление электрических проводов и кабелей. Из меди делают различную аппаратуру: котлы, чаны, перегонные кубы. Широкое применение нашли различные медные сплавы. Важнейшими из них являются: латуни (сплавы меди с цинком), бронзы (сплавы меди с оловом). Мельхиор, содержащий 80 % меди и 20 % никеля по внешнему виду напоминает серебро. Температура плавления медных сплавов ниже, чем чистой меди (в пределах 800-1040 °С).

В пожарно-технической экспертизе медь изучают, в основном, как составной элемент электросетей и электроустановок при выявлении причин пожаров.

Алюминий - серебристо-белый мягкий металл с температурой плавления 660 °С. При температуре около 600 °С алюминий становится хрупким и легко образует алюминиевый порошок. Температура воспламенения алюминия намного превышает его температуру плавления, поэтому алюминиевые изделия не загораются в пламени. На поверхности алюминия всегда имеется тонкая (почти монокристаллическая) оксидная пленка, защищающая металл от дальнейшего окисления. Какой-либо полезной экспертной информации исследование окисного слоя на алюминии не дает.

Сплавы алюминия, в отличие от чистого металла, обладают большой механической прочностью. Дюралюминий (3-5 % меди, 1 % магния, 0,5-0,8 % марганца) используется в самолетостроении. Из силумина (12-14 % кремния) делают литые детали. Алюминиевые сплавы широко используются в строительстве (цельнометаллические ангары, опоры и несущие конструкции), судостроении. Большое количество алюминия идет на изготовление электропроводов [2].

4.5 Визуальные признаки термических поражений на конструкциях из металлов и сплавов

Последствия теплового воздействия на пожаре на металлы (сплавы) и конструкции из них выражаются в:

- деформации;
- образовании окислов на поверхности металла;
- структурных изменениях, сопровождающихся изменением физико-химических и механических свойств;
- расплавлении и проплавлении;
- горении.

Результаты протекания этих процессов при осмотре места пожара можно зафиксировать визуально или с помощью инструментальных средств, а полученную таким образом информацию использовать при поисках очага пожара.

Рассмотрим последовательно перечисленные выше процессы, методы фиксации их последствий на месте пожара и возможности экспертного использования полученных сведений. Основное внимание при этом уделим сталям - наиболее распространенному сплаву.

Деформация — один из самых низкотемпературных процессов, происходящих с металлическими изделиями на пожаре.

Нагрев стали свыше 300-350 °С приводит к повышению ее пластичности и сопровождается снижением прочности и появлением заметных деформаций. При 500-600 °С прочность углеродистой стали снижается вдвое, деформации нагруженных элементов стальных конструкций становятся значительными по величине и 15-20 минутный нагрев может привести к их обрушению. При 1000 °С прочность стали снижается в 10 раз.

Температура 450-500 °С считается температурой потери несущей способности стальных изделий.

Помимо стали несущие конструкции изготавливаются также и из алюминиевых сплавов. ***Температура потери несущей способности конструкций из алюминиевых сплавов составляет 250 °С.***

Разумеется, при этом конструкция не разрушается полностью. Она просто перестает выполнять свою функцию выдерживать нагрузку других конструктивных элементов здания или сооружения. В первую очередь она гнется, деформируется. Эти деформации при осмотре места пожара необходимо оценивать количественно. Оценка величины и направленности деформаций дает важную информацию об относительной интенсивности и направленности теплового воздействия в различных зонах пожара.

По направлению деформации металлических элементов можно судить о направлении наибольшего теплового потока (рисунок 4.5). Металлоконструкции и их отдельные элементы деформируются, как правило, в сторону наибольшего нагрева.

Величина деформации металлической конструкции пропорциональна температуре и длительности ее нагрева. Однако часто наибольшая деформация наблюдается не там, где имело место наибольшее тепловое воздействие. Она может быть связана с более высокой нагрузкой, испытываемой конструкцией. Например, чаще всего стальная балка перекрытия имеет наибольшую деформацию посередине пролета, что вовсе не означает, что именно в этой точке был наиболее интенсивный нагрев. В том месте на балку действует наибольший изгибающий момент.

Количественно сравнивать между собой можно лишь рассредоточенные по месту пожара однотипные и одинаково нагруженные конструкции. Такую сравнительную оценку необходимо рассматривать как важный признак направленности распространения горения.



Рисунок 4.5. Деформация металлических конструкций на пожаре

Чтобы количественно оценить степень деформации, рассчитывают так называемую величину относительной деформации. Это отношение величины прогиба к величине участка конструкции, на которой этот прогиб наблюдается (b/l) (рисунок 4.6).

Величина b/l для однотипных конструкций наносится на план места пожара. Такая информация в первом приближении характеризует распределение зон термических поражений на месте пожара и может быть использована в поисках его очага. Эти данные относятся к группе последовательно нарастающих (убывающих) термических поражений.

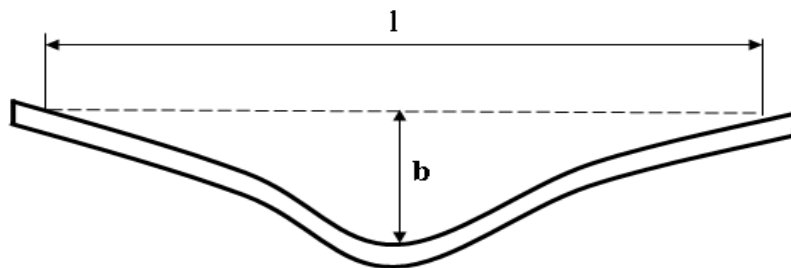


Рисунок 4.6. Измерения величины относительной деформации

b – максимальный прогиб конструкции;
 l – участок, на котором произошел прогиб

Требуют серьезного внимания локальные деформации металлоконструкций на отдельных участках, т.е. произвольно расположенные термические поражения. Четко выраженные и значительные по величине локальные деформации возникают, как правило, на начальной стадии пожара, когда горения во всем объеме помещения еще нет и конструкции нагреваются от очага пожара в ограниченной локальной зоне. Если указанное локальное термическое поражение не находит объяснения – оно должно восприниматься как очаговый признак [2].

Образование окислов на поверхности металла

Алюминий и его сплавы

Известно, что на поверхности алюминия и его сплавов уже при комнатных температурах существует микронной толщины окисный слой, который предохраняет алюминий от окисления. Окисел этот выполняет свою функцию и при нагреве алюминиевого изделия на пожаре, вплоть до достижения температуры плавления алюминия. Какой-либо полезной экспертной информации из исследования окисного слоя на алюминии извлечь не удастся.

Медь

На поверхности медных изделий до температуры примерно 100 °С - присутствует черная пленка окисла. При нагреве выше 100 °С и достаточной длительности - образуется пленка закиси меди - красного цвета. Это обстоятельство дает возможность в отдельных ситуациях оценивать,

превышала ли температура в зоне, где находится медное изделие, указанную температуру.

Сталь

Если поверхность обработанная, гладкая, то первый признак теплового воздействия, который можно обнаружить визуально - *цвета побежалости*. Они появляются при нагревании стали до температуры 200 - 300 °С благодаря образованию на ее поверхности пленки окисла микронной толщины. Толщина слоя окисла зависит от температуры, а за счет интерференции света с изменением толщины пленки меняется ее цвет. Таким образом, получается, что цвет пленки окисла ("цвет побежалости") зависит от температуры нагрева стали и может использоваться для ее определения. Существует примерно следующая цветовая шкала цветов побежалости на сталях (таблица 4.3 - спектр цветов побежалости).

Таблица 4.3 - спектр цветов побежалости

Цвет побежалости	Толщина слоя окисла, мкм	Температура нагрева, °С
Светло-желтый	0,04	220 - 230
Соломенно-желтый	0,045	230 - 240
Оранжевый	0,05	240 - 260
Красно-фиолетовый	0,065	260 - 280
Синий	0,07	280 - 300

Следует отметить, что оценка нагрева металлических конструкций по цветам побежалости при поисках очага пожара используется редко. Чаще это делается при установлении причин пожаров, связанных с трением, локальным перегревом в технологических установках, двигателях и т.д.

Окалина

Наиболее интенсивно окисление стальных изделий протекает при температуре, превышающей 600 °С. При этом поверхность железа и сталей покрывается продуктами газовой коррозии – окалиной. Формирование плотного слоя окалины в течение достаточно короткого периода времени начинается с температуры около 700 °С. Рост слоя окалины происходит по параболическому закону и резко интенсифицируется с повышением температуры.

Окалина состоит из трех последовательных слоев окислов железа - вустита, магнетита и гематита. Толщина окалины и ее компонентный состав являются функциями температуры и длительности теплового воздействия.

Чередование окислов на поверхности металла связано с разным процентным содержанием кислорода в воздухе в процессе развития пожара. Вначале при относительно высоком содержании кислорода происходит образование гематита. Затем по мере возрастания температуры и снижении концентрации кислорода в воздухе под слоем гематита образуется слой магнетита и ниже слой вустита. Таким образом, чем выше температура, тем больше в окалине вустита и меньше гематита

Это обстоятельство позволяет по цвету окалины и ее толщине ориентировочно оценивать температуру нагрева металлоконструкций. Низкотемпературная окалина (700 – 750 °С), в которой мало вустита, обычно имеет рыжеватый оттенок и достаточно тонкая. Окалина, образовавшаяся при 900-1000 °С и более - толстая и черная. [2]

Вустит до 570 °С термодинамически неустойчив и поэтому ржавчина на железе, образовавшаяся при температуре ниже 570 °С вообще не содержит вустита и соответственно двухвалентного железа и имеет бурый цвет (цвет гематита). Однако ржавчина по своей структуре рыхлая и непрочная. Окалина же, очень плотный материал, прочно связанный с самим металлом. По этому признаку легко отличить ржавчину от гематита (рисунок 4.7).

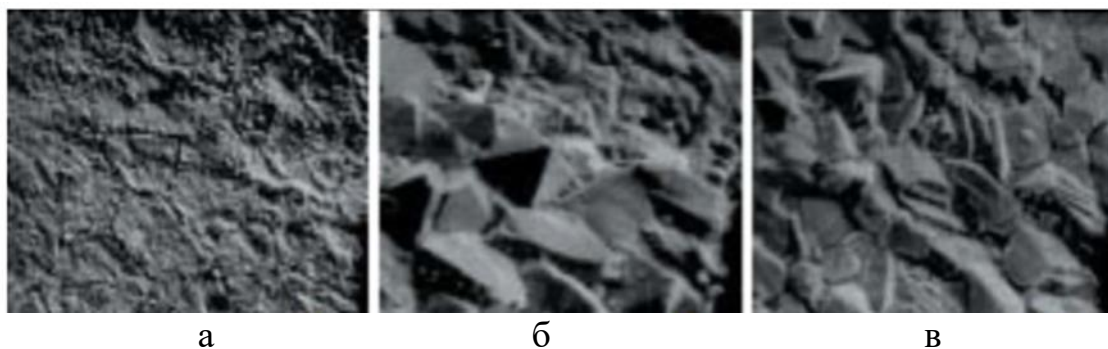


Рисунок 4.7. Поверхности слоев окислов (увеличение ×600)

а – вустит, отличающийся пористым слоением;

б – магнетит с плотным кристаллическим строением;

в – гематит

Расплавления и проплавления металла

Расплавления и проплавления (образование сквозных отверстий) металлов и сплавов на пожарах, особенно крупных, встречается не так уж редко. Можно считать, что это наиболее высокая степень термических поражений конструкций и отдельных предметов.

Известно, например, что температура плавления составляет:

- у алюминия - 600 °С
- бронзы литой - 880 - 1040 °С
- меди - 1083 °С
- стали - 1300 - 1400 °С

Таким образом, если в зоне А расплавился алюминиевый провод, то следует сделать вывод, что температура там превышала 600 °С, а в зоне Б, где оплавилась медные провода, она была, как минимум, 1080 - 1090 °С.

Конечно, фиксировать на месте пожара зоны, где расплавился тот или иной материал, весьма полезно. Но считать это самостоятельным методом установления очага пожара было бы неразумно; да и температурные зоны устанавливаются таким путем достаточно условно. Если расплавился алюминий, то это не значит, что температура была 600 °С, она могла быть и 700 – 900 - 1000 °С.

Кроме того, нужно иметь в виду, что "проплавления" в металле могут возникнуть и вовсе при температуре, ниже температуры плавления. Возможно это, как минимум, по двум причинам:

Локальный нагрев тонкого стального изделия (листа, проволоки и т.п.) приводит к образованию слоя окалины, соизмеримого по толщине с самим изделием. Окалина, не обладая достаточной механической прочностью затем может выкрошиться, и на изделии после пожара обнаружится «дырка».

Растворение металла в металле

Расплавленный в ходе пожара более легкоплавкий металл при попадании на металл более тугоплавкий может привести как бы к "растворению" последнего в расплаве первого металла. Причем происходит это при температуре, ниже температуры плавления "тугоплавкого" металла.

Такой процесс возможен, например, при попадании расплавленного алюминия на медь и ее сплавы. Происходит это за счет образования эвтектического сплава меди с алюминием. Известно, что чистая медь имеет температуру плавления 1083 °С. В то же время эвтектические (совместно плавящиеся) сплавы «медь + расплавленный алюминий» – 660 °С, «медь + расплавленная латунь» - 870 - 980 °С

Точно также способностью растворяться в расплавленном алюминии обладает сталь [5].

4.6 Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара металлических изделий

Фиксация структурных изменений, сопровождающих изменение физических и физико-химических свойств.

Эти изменения происходят в довольно широком интервале температур, но не могут быть зафиксированы визуально. Для их выявления следует пользоваться инструментальными методами, с помощью соответствующих приборов. Мы остановимся на методах и методиках исследования наиболее распространенных металлов - стальных конструкций и предметов.

Магнитные исследования

Характеристикой, более равномерно меняющейся в широком интервале температур, является величина напряженности магнитного поля или тока размагничивания (I_p [mA]). Она соответствует коэрцитивной силе и является наиболее структурочувствительной магнитной характеристикой материала.

Коэрцитивная сила – это величина напряженности магнитного поля, при которой намагниченность материала, изменяющаяся по петле гистерезиса, равна нулю.

Величина коэрцитивной силы (или пропорционального ей тока размагничивания) при рекристаллизации холоднодеформированных стальных изделий последовательно уменьшается. Причем происходит это в достаточно широких температурных пределах - от 200 до 600 ÷ 700 °С. Это обстоятельство дает возможность, исследуя рассредоточенные по месту пожара холоднодеформированные изделия, выявлять зоны термических поражений.

Исследование можно проводить как в лабораторных, так и в полевых условиях, непосредственно на месте пожара. Для определения величины тока размагничивания широкое распространение получил коэрцитиметр импульсный микропроцессорный КИМ – 2М (рисунок 4.8). Принцип действия коэрцитиметра состоит в намагничивании контролируемого участка детали до технического насыщения накладным преобразователем, размагничивания его ступенчато - нарастающим полем, фиксации напряженности поля соответствующего коэрцитивной силе материала детали по значению тока размагничивания и измерении амплитуды сигнала датчика Холла.

На месте пожара всегда нетрудно найти однотипные холоднодеформированные металлические изделия, рассредоточенные по зоне пожара. Это могут быть болты, гвозди, шурупы, строительные скобы, некоторые виды труб (изготовленные методом холодной деформации) и др. изделия. Особая подготовка поверхности изделия перед измерением не требуется - надо счистить лишь остатки краски и пузыри окарины.

Датчики устанавливаются на изделие, прибор автоматически в течение нескольких секунд осуществляет цикл «намагничивание – размагничивание» и определяет коэрцитивную силу [10]. Пример распределения величины тока размагничивания от степени нагрева образцов (гвоздей строительных Ø=4 мм, l=100 мм) приведен на рисунке 4.9.



Рисунок 4.8.
Коэрцитиметр КИМ – 2М

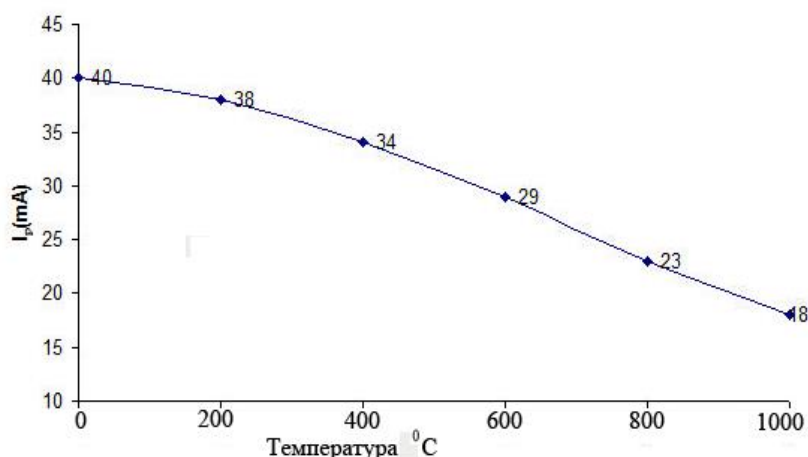


Рисунок 4.9 Изменение величины тока размагничивания при нагреве объектов исследования в динамическом режиме

Металлографическое исследование медных проводников, также, как и стальных изделий, начинается с изготовления микрошлифов. При этом маленькое поперечное сечение проводников вызывает определенные трудности при шлифовке. В настоящее время для этих целей образцы медных проводов заливают термореактивным составом на основе эпоксидной смолы.

После заливки полученный монолит шлифуют и полируют обычным способом. Промежуток времени между приготовлением шлифа и проведением исследования должен быть минимальным, во избежание окисления отшлифованной поверхности. Структуру меди целесообразно исследовать при увеличении 100 - 200X.

При исследовании медных проводников значительное внимание уделяется количеству в них кислорода, связанного в оксид меди, который в медной проволоке, не подвергнутой высокотемпературному воздействию, содержится в виде мелких вкраплений сферической формы.

При нагревании до температуры плавления меди (1083 °C) происходит перераспределение оксида меди. Он вытесняется на границу растущих зерен, образуя тонкую сетку (рисунок 4.10).

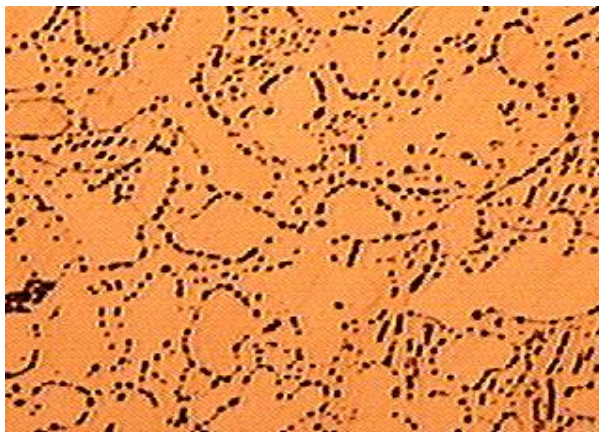


Рисунок 4.10 Распределение Cu_2O в меди при нагревании

Одним из основных признаков, по которым можно дифференцировать ПКЗ и ВКЗ является содержание кислорода в месте оплавления. При температуре 500 °С растворимость кислорода в меди незначительна и составляет всего 0,01 %. С увеличением температуры до 1100 °С количество кислорода в расплавленной меди может быть более 0,6 %. Если содержание в медном проводнике кислорода превышает 0,01 %, в его структуре происходит образование прослойки эвтектики (рисунок 4.11).

Увеличение содержания кислорода в составе медного проводника характерно для случая ПКЗ в открыто проложенной электропроводке с медными жилами при нормальном содержании в атмосфере кислорода.

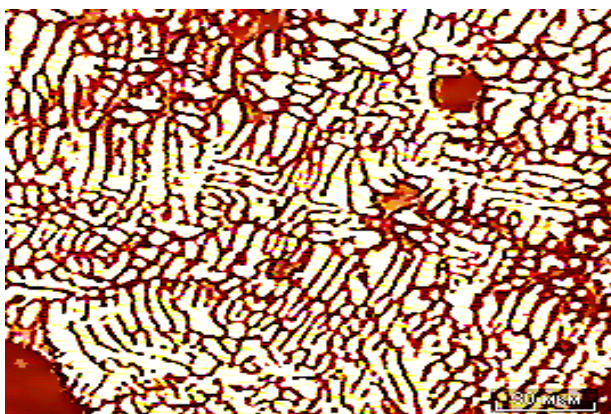


Рисунок 4.11 Структура литой меди (содержание кислорода 0,01-0,39%)

Надо заметить, что количество оксида меди при нагревании во многом определяется диффузионными процессами проникновения кислорода вглубь проводника, которые зависят как от его исходного состояния, так от условий окружающей среды (содержание в атмосфере кислорода, температура, влажность, давление и т.п.). Поэтому количество кислорода в меди может колебаться в широких пределах – от 0,05 – 0,06 % до 0,6 – 1,0 %.

Если атмосфера насыщена кислородом, то процесс образования оксида меди активизируется и содержание в месте оплавления кислорода может достигать 1 %. При содержании в сплаве 0,39 % кислорода структура медного проводника состоит сплошь из эвтектики. Если в расплавленной меди растворилось свыше 0,39 % кислорода, то помимо эвтектики в структуре появляются первичные кристаллы оксида меди Cu_2O (рисунок 4.12).

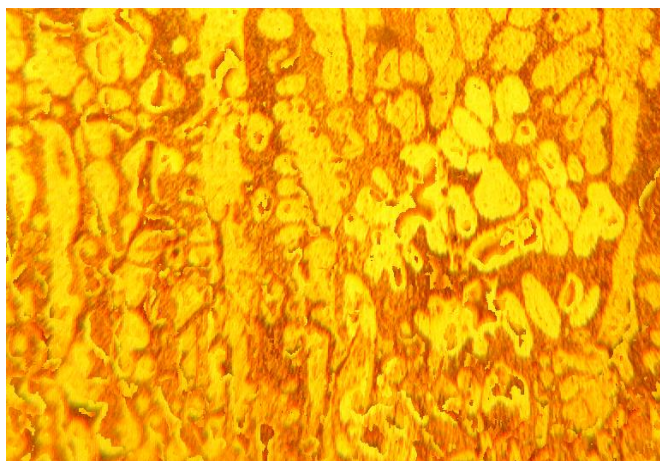


Рисунок 4.12 Микроструктура медного проводника в месте оплавления при ПКЗ (более 0,39 % кислорода)

Содержание кислорода в месте оплавления может быть значительно меньше 0,05 %, если медь подверглась расплавлению и отжигу в восстановительной атмосфере (в присутствии газообразных продуктов H_2 , CO , H_2O (пар)), что характерно для газовой среды, формирующейся на пожарах, то есть в случае ВКЗ. При взаимодействии Cu_2O с водородом и оксидом углерода образуются пары воды высокого давления. При их выходе наружу в меди образуются многочисленные газовые рывины и поры (рисунок 4.13).

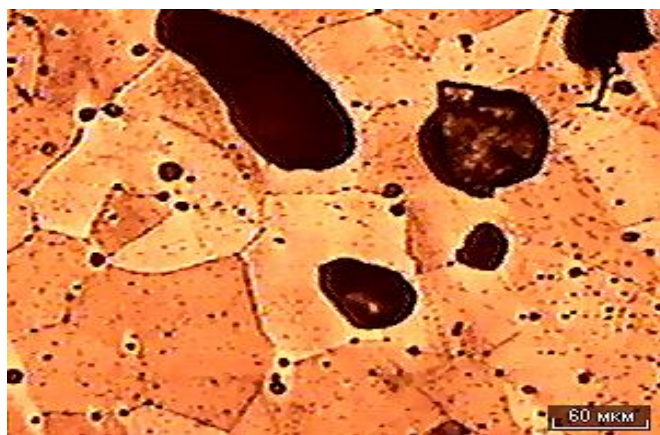


Рисунок 4.13 Микроструктура медного проводника при ВКЗ

Наиболее интенсивно восстановительный процесс происходит при содержании в газовой среде 2-6 % CO , который образуется в результате неполного сгорания продуктов термического разложения веществ и материалов при ограниченном газообмене в зоне горения.

Формирование структуры медного проводника, подвергнутого оплавлению в результате КЗ, во многом зависит от температурных условий кристаллизации.

Структура любого чистого металла, кристаллизующегося из расплава, зависит, прежде всего, от скорости охлаждения. Низкая температура окружающего пространства при КЗ, возникшем до пожара, и геометрические характеристики проводников обуславливают неодинаковую скорость

охлаждения расплавленной меди по различным направлениям. Образующиеся в расплаве центры кристаллизации начинают интенсивно расти в направлении максимального оттока тепла, а выделяющаяся в процессе кристаллизации скрытая теплота плавления препятствует росту кристаллов в других направлениях. В результате образуется зона вытянутых кристаллов, которые благодаря своей форме получили название столбчатых дендритов (рисунок 4.14).

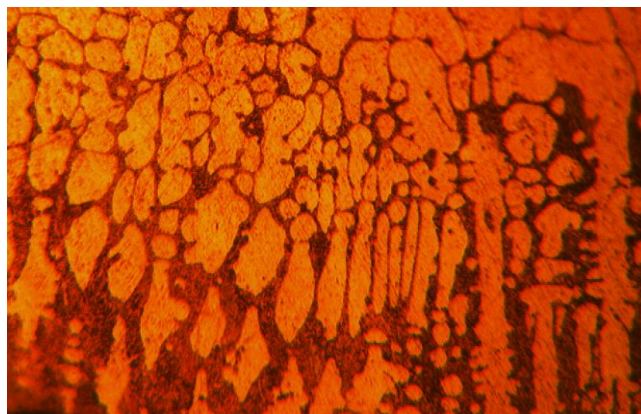


Рисунок 4.14 Дендритные структуры в месте оплавления при ПКЗ (более 0,39% кислорода)

Дендритная структура в чистой меди (содержание кислорода не более 0,06 %) является устойчивым дифференцирующим признаком, характеризующим ПКЗ. Этот признак сохраняется при последующих высокотемпературных (800-1000°C) длительных отжигах и различных режимах охлаждения. При длительном нагреве свыше 1000°C может происходить частичное видоизменение формы дендритов.

Если короткое замыкание происходит в условиях развившегося пожара, то направление преимущественного отвода тепла отсутствует, а кристаллизация и рост зародышей в меди происходит приблизительно с одинаковой скоростью по всем направлениям. В результате образуются равноосные зерна (рисунок 4.15).

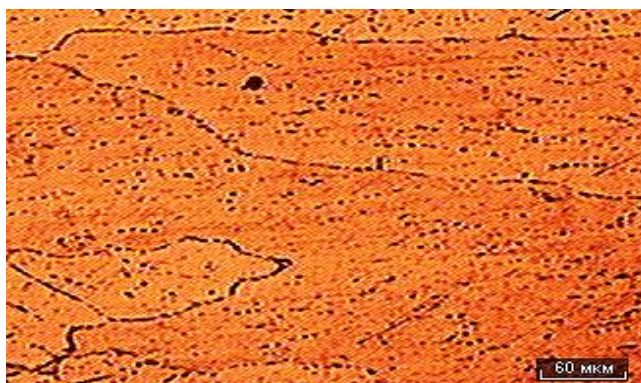


Рисунок 4.15 Микроструктура медного проводника при ВКЗ

Таким образом, анализируя микроструктуру оплавленного участка, можно оценить состав газовой среды, в которой происходило КЗ, и ориентировочно определить температуру окружающей среды в момент замыкания.

С помощью металлографического микроскопа, снабженным фотоаппаратом, можно количественно определить содержание кислорода в месте оплавления медных проводников (до 0,2 % кислорода). Осуществляется оно с помощью эталонов микроструктуры и проводится на нетравленном полированном шлифе в рассеянном и поляризованном свете, в котором включения Cu_2O имеют рубиновую окраску.

Алюминиевые проводники

Исследование микроструктуры алюминиевых проводников в месте оплавления начинается традиционно - с изготовления микрошлифа. Основная цель металлографического исследования алюминиевых проводников состоит, как и в случае медных проводников, в дифференциации первичных и вторичных КЗ. Структура алюминиевых проводников в случае КЗ, предшествующего пожару, характеризуется наличием зоны вытянутых столбчатых зерен в месте оплавления (рисунок 4.16) и отсутствием газовых раковин и пор.

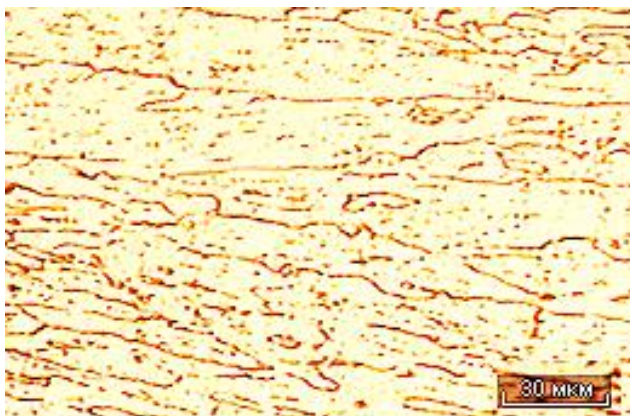


Рисунок 4.16 Микроструктура алюминиевого проводника при ПКЗ

Для алюминиевого проводника в месте оплавления при ВКЗ характерна равноосная литая структура. Часто в месте оплавления наблюдаются газовые раковины и поры (рис. 4.17).

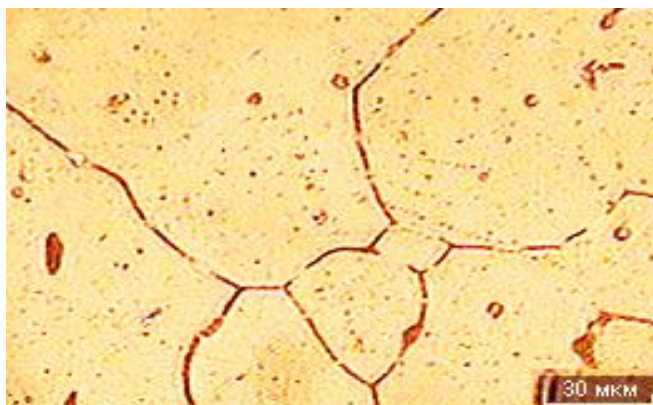


Рисунок 4.17 Микроструктура алюминиевого проводника при ВКЗ

Решение вопроса о моменте возникновения КЗ по микроструктуре алюминиевых проводников ограничено температурой последующего нагрева, она не должна превышать 600°C [4].

Контрольные вопросы:

1. На какие группы делятся неорганические строительные материалы?
2. Назовите визуальные признаки термических поражений бетонных конструкций.
3. Визуальные признаки термических поражений изделий из гипсовых материалов.
4. Назовите наиболее распространенные методы и средства, применяемые для исследования искусственных каменных материалов.
5. Опишите принципы металлографических исследований проводников.
6. Назовите визуальные признаки термических поражений конструкций из металлов и сплавов.

ГЛАВА 5. ХАРАКТЕР ПОВЕДЕНИЯ НА ПОЖАРЕ ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

5.1 Состав основных компонентов древесины и их поведение при термическом воздействии

Древесина любого дерева состоит из тесно сросшихся клеток, чрезвычайно разнообразных по своей величине и форме и имеющих полость и одревесневшие оболочки. Элементарные клетки образуют древесные волокна, которые располагаются главным образом вдоль ствола.

Древесина состоит из органических веществ (98,9 – 99,7 %), большая часть которых представляет собой высокомолекулярные соединения, и небольшого количества минеральных компонентов (0,3 – 1,1 %), остающихся при сгорании в виде золы. В среднем абсолютно сухая древесина содержит 49,4 – 50,2 % углерода, 6,1 – 6,9 % водорода, 43,6 – 45,2 % кислорода и обычно 0,9 – 1,3 % азота.

Химический состав древесины очень сложен. Клеточные стенки, образующие древесину, состоят в основном из целлюлозы, гемицеллюлоз (пентозаны и гексозаны) и лигнина.

Целлюлоза (от латинского слова «cellula» - клетка) иногда называемая клетчаткой, имеет волокнистое строение и представляет собой высокомолекулярное химическое соединение с большой и сложной цепной молекулой, насчитывающей тысячи звеньев. Такая молекула имеет длину до 0,005 мм.

Целлюлоза – стойкое химическое соединение, не растворяющееся в спирте, воде, эфире, ацетоне и других обычных растворителях. В абсолютно сухой древесине содержится 40 – 50 % целлюлозы.

Гемицеллюлозы (от греческого «hemy» - полу) представляют собой сложную смесь полисахаридов (гексозаны, пентозаны и полиурониды). Они отличаются от целлюлозы меньшей химической стойкостью и длиной цепи. Содержание гемицеллюлоз зависит от породы древесины: у хвойных 17 – 20 %, у лиственных 30 – 35 %.

Лигнин (с латинского «lignum» - дерево) – сложная смесь органических веществ, содержащая большее количество углерода, чем целлюлоза (61 – 65 %), и придающая стенкам клеток твердость. Содержание лигнина в древесине колеблется от 17 до 30 %.

В полостях клеток древесины содержатся также дубильные и красящие вещества, смолы и камеди, эфирные масла и алкалоиды.

На физические свойства древесины значительное воздействие оказывает влажность. Влага, содержащаяся в стенках клеток, называется гигроскопической. Насыщение водой стенок клеток возможно как при погружении древесины в воду, так и из окружающего влажного воздуха, т.е. гигроскопическим путем. Влага, содержащаяся в полостях и межклеточном пространстве древесины, называется капиллярной. Насыщение межклеточного пространства и внутренних полостей клеток водой возможно только при погружении древесины в воду.

Истинная плотность древесины всех пород равна примерно 1,54 г/см³. Теплопроводность сухой древесины (сосны) поперек волокон равна 0,17, вдоль – 0,3 Вт/(м*С). Теплопроводность повышается с увеличением средней плотности древесины и ее влажности.

Итак, древесина является неоднородным материалом, обладающим к тому же свойством анизотропии. Из-за различного строения, а также ориентации клеток тканей, составляющих древесину, ее структура и свойства изменяются неодинаково по разным направлениям. Это сказывается на особенностях поведения древесины при нагреве и в частности при ее горении.

Еще более разнообразно ведут себя при горении различные композиционные материалы из древесины и продуктов ее переработки с добавлением связующих, которые могут быть получены несколькими методами:

- 1) склеиванием и армированием балок;
- 2) прессованием древесины;
- 3) прессованием дробленых отходов древесины;
- 4) прессованием отдельных листов.

В настоящее время применяются самые различные сочетания дерева с разнообразными связующими материалами, гипсом, цементом, известью, смолами. Для получения древесноволокнистых, древесностружечных и древесно-опилочных плит, обладающих теплоизоляционной способностью, малой звукопроводимостью используются отходы лесопильной и деревообрабатывающей промышленности.

Для изготовления древесноволокнистых плит, измельченные в волокно отходы лесозаготовок, целлюлозно-бумажных предприятий перемешивают с пропиточными составами, которые придают будущему строительному материалу морозо- и огнестойкость, водонепроницаемость, повышенную прочность, со связующей эмульсией и прессуют.

Для связывания волокнистой массы при сухом методе производства плит используют парафиновую и канифольную эмульсии, талловый клей, петролатум сырое сульфатное мыло и прочее.

Изоляционные плиты используются для тепло- и звукоизоляции.

Полутвердые плиты используются как заменители мокрой штукатурки, для внутренней обшивки потолков, стен, для устройства встроенной мебели.

Твердые плиты выпускаются как окрашенные, так и неокрашенные. Твердые облицовочные плиты покрыты текстурной бумагой, белыми цветными эмалями или пленкой смол.

Древесностружечные плиты изготовляют способом горячего прессования стружек, опилок, обрезков, пропитанных водным (5÷10 %) раствором синтетических смол.

Плиты могут применяться как в необлицованном виде, так и облицованные шпоном, клееной фанерой, полистирольной пленкой или декоративными пластинами.

Легкие плиты используются для тепло- и звукоизоляции. В них во время прессования могут быть сделаны трубчатые продольные полости или пустоты, которые не только уменьшают вес плит, но и улучшают их теплоизоляционные свойства.

Полутяжелые плиты применяются для облицовки стен и потолков, изготовления дверных полотен, перегородок, полов, плинтусов, кухонной и встроенной мебели.

Фанера состоит из нескольких склеенных между собой противоположно направленных тонких слоев древесины (шпона).

Выпускается несколько видов фанеры: клееная, специальная, облицованная, тепловая, огнестойкая, армированная, металлизированная, гофрированная и другие.

Металлизированную фанеру получают путем опыления обычной фанеры порошковидным или расплавленным металлом, который образует на ее поверхности сплошное металлическое покрытие.

Огнестойкую фанеру получают из пропитанного антипиренами шпона или при покрытии обычной фанеры асбестом. Такая фанера самостоятельно не горит и не тлеет даже при местном воздействии источника высокой температуры (800 – 1000 °С) и не распространяет пламени по поверхности.

Фанера нашла широкое применение в самых различных отраслях промышленности. Из нее изготавливают до 10000 различных изделий [10].

5.2 Визуальные признаки термических поражений на конструкциях из древесины

Горение любого конденсированного горючего материала, в том числе и древесины, может протекать в виде пламенного горения либо в виде тления, то есть гетерогенного горения. Для возникновения пламенного горения требуется предварительное химическое разложение под воздействием внешнего теплового потока, в результате которого образуются летучие продукты (горючие газы, пары, пылевидные частицы), которые, сгорая, образуют пламя. На определенном этапе развития горения твердого горючего материала внешний тепловой поток становится необязательным. Выделение последующих порций летучих горючих продуктов осуществляется за счет теплового воздействия уже горящего материала.

Древесина начинает терять свой цвет и обугливаться с выделением горючих летучих продуктов при температуре обычно выше 200-250 °С. Однако при достаточно длительном нагреве указанные процессы могут происходить и при температурах, начиная от 120 °С. При температуре 250 – 300 °С начинается быстрое физическое разрушение древесины. Этот процесс начинается на поверхности углистого остатка с появлением слабых трещинок, перпендикулярных направлению волокон, что позволяет летучим продуктам легко просачиваться через поврежденную поверхность из слоя, где произошло образование этих продуктов. По мере увеличения углистого слоя трещины расширяются, что приводит к характерной картине расщепления и растрескивания поверхности.

По данным термогравиметрического анализа различные составляющие древесины распадаются с выделением летучих компонентов при различных температурах: целлюлоза при 240-350 °С, гемицеллюлоза при 200-260 °С, лигнин при 280-500 °С. Соотношение между летучими продуктами и образующимся углистым остатком у химических компонентов древесины также различно. Этим соотношением определяется большая или меньшая склонность материала к тлению. Так, лигнин нагретый до температуры 400-500 °С на 50 % преобразуется в летучие продукты и на 50 % в углистый остаток. Чистая целлюлоза при нагревании до 300 °С дает лишь 5 % углистого остатка. Таким образом, именно лигнин в основном предопределяет способность древесины к гетерогенному (тлеющему)

горению. Обычно при сжигании или нагреве древесины при 450 °С на углистый остаток приходится 15-25 % (в основном, за счет лигнина). При изменении выхода углистого остатка изменяется и состав летучих компонентов.

Для повышения огнестойкости древесину обмазывают или окрашивают огнестойкими составами – антипиренами, повышающими ее склонность к тлению. Такие антипирены как бура, хлористый цинк и другие, при температуре 350 – 400 °С плавятся, покрывая поверхность древесины огнезащитной пленкой, которая прекращает доступ к ней кислорода. Другие антипирены в этих условиях разлагаются, выделяя много негорючих газов или паров, оттесняющих воздух от поверхности древесины и затрудняющих воспламенение газообразных продуктов ее разложения. Древесина, пропитанная водными растворами фосфорнокислого аммония, сернокислого аммония или их смесями под воздействием огня разлагается медленно, без пламени. Огнезащитные краски, изготовленные на жидком стекле, придают древесине временную огнестойкость. С помощью указанных огнезащитных мероприятий можно повысить выход углистого остатка в целлюлозе до 40 %.

Для целей пожарно-технической экспертизы очень важно уметь устанавливать осуществлялось ли горение в режиме тления или в режиме пламенного горения. Температура воспламенения большинства сортов древесины находится в пределах 240-260 °С. Температура же, при которой могут начаться процессы, способные привести к тлеющему горению при достаточной длительности теплового воздействия, как уже указывалось, могут быть в пределах 120 °С. Отсюда может вытекать очень важный вывод об источнике зажигания – если процесс горения начинался с тления, то источник зажигания мог иметь малую мощность.

Возможны два пути возникновения тлеющего горения в древесине. Один из них – это тление, сменяющее пламенное горение. При воспламенении фронт обугливания постепенно передвигается вглубь древесины, при этом выделяются все новые порции горючих летучих веществ, которые сгорают в виде пламени.

Когда древесина обуглится на существенную глубину, углистый слой становится экранирующей защитой для более глубоких слоев, находящихся под ним. В результате этого процесса для образования новых порций летучих продуктов требуется более высокий тепловой поток. Может сложиться такая ситуация, при которой выделение летучих продуктов резко снижается, и их начинает не хватать для поддержания пламенного горения, которое переходит в гетерогенное горение - тление. Углистый слой может тлеть вплоть до полного выгорания органической массы. В результате древесная конструкция либо полностью выгорает, либо в ней образуется сквозной прогар.

При относительно низком тепловом воздействии на деревянные конструкции количества выделяемых летучих продуктов изначально оказывается недостаточно для достижения нижнего концентрационного

предела распространения пламени. Пламенное горение может не возникнуть. Режим тления будет поддерживаться или в течение всего времени горения вплоть до полного выгорания или, при изменении внешнего теплового воздействия и условий воздухообмена, может смениться пламенным горением.

В результате термического разложения и горения древесины в различных режимах формируются следы потемнения древесины, ее обугливания на разную глубину, сквозные прогары на отдельных участках деревянной конструкции или полное выгорание до образования зольного остатка.

По внешнему виду угля можно делать вывод о режиме горения древесины. При тлеющем горении образуется плотный черный (иногда с буроватым оттенком) уголь с мелкими трещинами. Часто при этом на угле можно различить текстуру исходной древесины, в частности годовые кольца. Такой вид угля тления легко объясняется малой скоростью образования летучих продуктов, которые понемногу выделяются с поверхности древесины, не разрыхляя ее.

В свою очередь при пламенном горении, когда скорость образования летучих продуктов велика, они интенсивно выделяются с поверхности. Образуется рыхлый уголь черного цвета с крупными трещинами.

Глубина обугливания древесины – один из важнейших критериев степени ее термического поражения в различных зонах пожара. С его помощью оценивается направленность и интенсивность теплового воздействия.

При описании термических поражений древесины в заключении специалиста места пожара недопустимо лишь констатировать наличие обугливания в тех или иных зонах. Эта информация должна обязательно сопровождаться замерами глубины обугливания.

Измерить глубину обугливания можно методом пенетрации (протыкания) с помощью любого тонкого острого металлического предмета (шила, гвоздя, металлической линейки). Лучше всего для этой цели использовать колумбус, то есть штангенциркуль с выдвижным хвостовиком. Протыкать уголь следует осторожно, не делая слишком больших усилий, чтобы не войти в невыгоревшие слои древесины. Разумеется, при этом в измерения вносится известная доля субъективизма, поэтому делать такие замеры в разных точках на конкретном месте пожара должен один человек. Наибольшие сложности возникают при измерении глубины обугливания в условиях низких температур, когда уголь смерзается вместе с пролитой водой.

Глубина обугливания включает в себя помимо собственно толщины слоя угля (h_y), измеряемой протыканием, величину потери сечения деревянной конструкции (h_p) и рассчитывается по формуле 5.1.

$$H = h_y + h_p \quad (5.1)$$

Потеря сечения образуется в результате обрушения рыхлых непрочных слоев угля при механическом или гидравлическом воздействии. Для ее определения необходимо измерить толщину деревянного элемента в месте, не подвергнутом обугливанию и вычесть из этого значения толщину сохранившейся части в точке замера (рисунок 5.1). В случае если деревянная конструкция обуглена по всей длине, следует искать на месте пожара аналогичную конструкцию (паркетину, балку перекрытия, лагу пола и т.д.), не поврежденную пожаром.

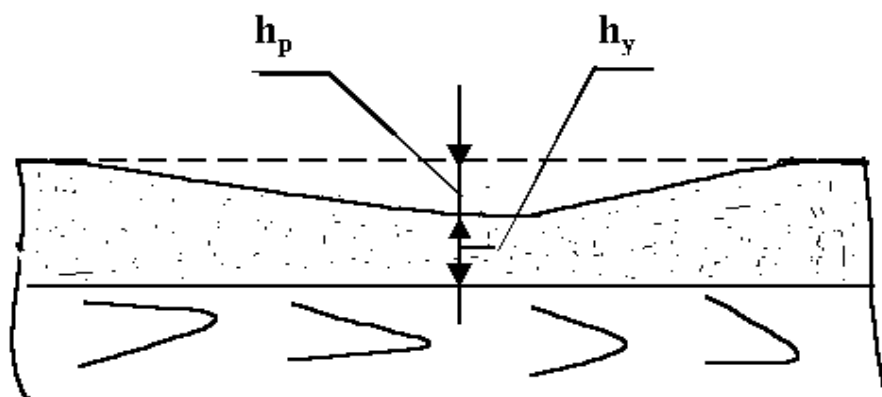


Рисунок 5.1 Схема измерения глубины обугливания

Величины глубин обугливания можно и нужно использовать лишь как сравнительные показатели степени термического поражения древесины в различных зонах пожара. Часто специалисты допускают ошибку, пытаясь на основании этих данных оценивать длительность горения.

Ложным основанием для такой оценки служит тот факт, что в условиях специальных испытаний - при сжигании древесины в огневых печах по стандартному температурному режиму - скорость ее обугливания вглубь составляет $0,9 \cdot 10^{-5}$ м/с. При этом не учитывают, что реальный пожар – это не специальные испытания. Горючесть древесины на пожаре зависит от множества факторов: мощности теплового потока, условий воздухообмена и связанным с ними теплоотводом, зонированием температуры по высоте помещения и т.д. Руководствуясь скоростью выгорания древесины $0,9 \cdot 10^{-5}$ м/с, а иногда и округляя ее для простоты до $1,6 \cdot 10^{-5}$ м/с, некоторые специалисты определяют длительность горения численно равной глубине обугливания. При обугливания доски на глубину 0,02 м, делают вывод о времени ее горения в течение 1200 секунд.

Зависимость скорости обугливания (R_w) от теплового потока выражается формулой 5.2:

$$R_w = 2,2 \cdot 10^{-2} \cdot I, \text{ м/с}, \quad (5.2)$$

где I - тепловой поток, воздействующий на поверхность древесины, кВт/м².

При температуре 1100 °С, которая достигается в отдельных зонах помещения на пожаре, излучение черного тела составляет 200 кВт/м². В этом случае скорость обугливания R_w составит $7,3 \cdot 10^{-5}$ м/с.

А общий диапазон колебаний R_w на пожаре в зависимости от теплового потока или соответствующей температуры пиролиза может составить: $0,5 \cdot 10^{-5} \div 7,5 \cdot 10^{-5}$ м/с, т.е. различаться.

Очень важным признаком экстремально высоких термических поражений деревянных конструкций являются сквозные прогары или их крайнее проявление - полное выгорание. Особый интерес при этом представляют единичные или малочисленные прогары в полу. Поскольку полы на месте пожара имеют, как правило, наибольшую сохранность, прогары пола всегда связаны с какими-либо особенностями развития пожара, которые надо непременно выяснить. Локальные прогары с четко очерченными границами образуются при длительном низкотемпературном пиролизе (тлении). Свою особенность имеют прогары, образующиеся при горении горючих жидкостей.

Места нахождения прогаров или полного выгорания деревянных конструкций всегда следует связывать с локальным термическим воздействием. И если в этой зоне не выявляется факторов, формирующих вторичные очаги горения, то она должна восприниматься, как очаг пожара.

Помимо описанных внешних признаков термического преобразования деревянных конструкций, фиксируемых визуально, имеется целый ряд физико - химических свойств древесины, которые меняются при тепловом воздействии, и определение которых возможно лишь с помощью инструментальных методов исследования.

По мере выгорания меняется элементный состав древесины, в частности снижается относительное содержание водорода, кислорода, азота и увеличивается относительное содержание углерода, то есть происходит карбонизация древесины вплоть до образования почти чистого углерода. Оценивать соотношения различных химических элементов в древесине и, следовательно, степень термических преобразований можно методами элементного анализа [10].

5.3 Инструментальные методы и средства, применяемые для исследования после пожара конструкций из древесины

Также по мере выгорания снижается способность древесины образовывать летучие продукты, состоящие из продуктов полного или неполного сгорания органических компонентов древесины. Эту способность оценивают по так называемому остаточному содержанию летучих веществ или, что то же самое, по величине потери массы образца при прокаливании, определяемым методами термического анализа. Эти методы включают в себя как простейший весовой (тигельный) термический анализ, так и различные

варианты дифференциального термического анализа (ДТА). Если тигельный метод, как и элементный анализ, могут использоваться лишь для сравнительной оценки степени термического поражения различных образцов, то ДТА позволяет решать и ряд более сложных задач. В частности по величине площади экзотермического пика на кривой ДТА можно количественно оценивать степень термических поражений, связанных с выгоранием угля. Метод ДТА дает возможность устанавливать групповую принадлежность неизвестного материала, делать вывод о его потенциальной пожароопасности и способности к горению, оценивать качество огнезащиты антипирированной древесины.

Одна и та же степень термического поражения древесины может быть следствием длительного горения при относительно низких температурах или кратковременного горения при высоких температурах. Установить отдельно длительность и температуру горения – довольно сложная задача, которая, однако, может быть успешно решена при помощи метода измерения электросопротивления обугленных остатков древесных материалов. Метод основан на совместном определении глубины обугливания древесины и удельного электросопротивления угля, отобранного в точке замера.

С увеличением степени карбонизации связано изменение важного для выявления очага пожара свойства древесины – электросопротивления образующегося при горении угля, которое снижается в очень больших пределах по мере ее выгорания. Неизменная древесина представляет собой диэлектрик, то есть ее электросопротивление равно бесконечности. Электросопротивление обугленной древесины зависит от температуры пиролиза. Древесный уголь, образующийся при сравнительно высоких температурах пламенного горения имеет величину удельного электросопротивления в диапазоне $1 \div 10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, а уголь тления, образовавшийся при сравнительно низких температурах - величины порядка $1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Технические требования методики реализованы в комплекте оборудования АКО1-01-ЭП (рисунок 5.2), который состоит на вооружении специалистов исследовательских испытательных лабораторий Республики Казахстан. Для работы на месте пожара используется данный комплект оборудования.



Рисунок 5.2 Комплект оборудования АКО1-01-ЭП

Так электросопротивление обугленных остатков с увеличением температуры и длительности горения снижается на порядки и описывается эмпирическим уравнением следующего конечного вида:

$$\ln \left[\left(\frac{10 - P}{P \cdot \tau_d} \right) \right] = 4,16 - 6270 / T \quad (5.3)$$

где P – величина десятичного логарифма удельного электросопротивления (lgR).

Считается, что если точка измерения глубины обугливания и место отбора пробы угля совпадают, то уравнения (5.2, 5.3), описывающие два процесса протекающих в одних и тех же условиях (обугливание и изменение электросопротивления), можно объединить в систему:

$$\begin{cases} \ln \left[\left(\frac{10 - P}{P \cdot \tau_d} \right) \right] = 4,16 - 6270 / T; \\ \ln \left(\frac{H}{\tau_d} \right) = 2,01 - 1730 / T \end{cases} \quad (5.4)$$

Решение системы уравнений (5.4) дает возможность определить два имеющих в ней неизвестных – температуру и продолжительность теплового воздействия на древесину.

Для расчета ориентировочных значений средневременной температуры и длительности нагрева согласно методики получаем следующие математические выражений (5.5, 5.6):

$$T = \frac{4540}{\left\{ \ln \left[\frac{H \cdot P}{10 - P} \right] + 2,15 \right\}} \text{ К.} \quad (5.5)$$

$$\tau_d = \exp \left\{ 1,38 \ln H + 0,38 \ln \left[\frac{P}{10 - P} \right] - 1,19 \right\}, \text{ мин} \quad (5.6)$$

Общее время пиролиза составляет (5.7):

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_d + \tau_0 \quad (5.7)$$

где τ_0 индукционный период термической деструкции.

Продолжительность индукционного периода рассчитывают после определения температуры по эмпирической формуле (5.8):

$$\tau_0 = 77 - 0,086 \cdot T, \text{ мин.} \quad (5.8)$$

При температурах выше 895 K время индукционного периода τ_0 считается равным нулю.

В случае, если в точке отбора пробы фрагмент деревянной конструкции углефицирован полностью или имеется сквозной прогар конструкции, то в методике учитывается время, необходимое для выгорания в режиме тления образовавшегося угля (5.9):

$$\tau_y = H_y \cdot \exp(690 \cdot T^{-1}), \quad (5.9)$$

где: H_y – толщина выгоревшего слоя угля;

τ_y – длительность гетерогенного горения угля, мин.

Время общего теплового воздействия в зоне отбора пробы находят по формуле (5.10):

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_d + \tau_0 + \tau_y \quad (5.10)$$

Следует отметить, что полученные в методике эмпирические уравнения не являются строгими, что приводит к не всегда однозначной интерпретации полученных результатов.

Аналогично древесине, кинетика обугливания древесно-стружечных плит (ДСП) и физико-химические свойства их обугленных остатков, образующихся в условиях, приближенных к пожару, определяются главным образом, двумя факторами: температурой и длительностью теплового воздействия. Однако в отличие от древесины, в ДСП не наблюдается четко выраженного различия по механической прочности между углем и недеструктированной частью, поэтому замерить глубину обугливания довольно сложно. Параметром, объективно отражающим степень термического поражения данного материала является убыль сечения в точке отбора пробы. ДСП как плоского прессования, так и экструзионные, практически не вспучиваются при горении и образуют плотную массу. Убыль сечения за счет выгорания происходит уже с первых минут и последовательно возрастает с увеличением температуры и длительности нагрева.

Зависимость удельного электросопротивления от температуры и длительности горения для таких материалов формально может быть выражена кинетическим уравнением для химических реакций второго порядка. Совместное его решение в системе с кинетическим уравнением потери сечения конструкции дает возможность рассчитать ориентировочную температуру и длительность горения ДСП в точке отбора проб обугленных остатков.

Отбор проб углей для исследования осуществляют аналогично древесине. Предварительно в точках отбора проб измеряют величину потери сечения плиты h_{π} .

Расчёт ориентировочных значений температуры и длительности термоокислительной деструкции плиты в ходе пожара проводят по результатам определения h_{π} и P с помощью формул (5.11, 5.12):

$$T = \frac{4080}{\left\{ \ln \left[\frac{h_{\pi} \cdot P}{11 - P} \right] + 3,61 \right\}}, \text{ К} \quad (5.11)$$

$$\tau_d = \exp \left\{ 1,38 \ln(h_{\pi}) + 0,5 \ln \left[\frac{P}{11 - P} \right] - 0,51 \right\}, \text{ мин} \quad (5.12)$$

Формулы получены по экспериментальным данным для трехслойных плит плоского прессования плотностью 700 кг/см³ и толщиной 16 мм. Однако они могут быть применены для ориентировочного определения температуры и длительности теплового воздействия и на других типах неогнезащищенных ДСП, в том числе, сплошных экструзионных [4].

Другие методы исследования

Исследовать степень термического поражения древесных материалов, полученную при сравнительно невысоких температурах можно путем измерения люминесценции экстрактов образцов пиролизованной древесины. Содержащиеся в древесине экстрактивные компоненты обладают способностью флуоресцировать под воздействием ультрафиолетового излучения. С увеличением степени термического преобразования количество экстрактивных компонентов в древесных материалах снижается, и соответственно снижается способность к флуоресценции. В частности, диапазон температурного воздействия, в котором можно достаточно уверенно с помощью флуоресценции выделять зоны большего или меньшего термического поражения имеет для сосновой древесины верхнюю границу 250 °С; для древесно - волокнистых и древесно - стружечных плит - 200 °С, для фанеры - 300 °С.

Отбирать пробы пиролизованной древесины и древесных углей на местах пожаров следует на обугленных участках деревянных конструкций, там, где слой угля не поврежден с тем, чтобы на анализ поступил самый верхний слой изучаемого образца. С поверхности угля кисточкой смахивают

золу и остатки пожарного мусора, после чего аккуратно срезают верхние 3-5 мм угля. Для проведения всех видов лабораторного анализа достаточно не более 3-5г угля. При изучении углей методом измерения удельного электросопротивления в точке отбора предварительно измеряют глубину обугливания. При использовании сравнительных методов исследования углей необходимо, как и в случае изучения всех других конструкционных материалов, строго придерживаться принципа отбора проб на одной высоте. Количество и частота отбора проб не регламентируются и зависят от размеров изучаемой площади пожара и требуемой точности определения очаговой зоны. Пробы угля упаковывают в полиэтиленовые или бумажные пакетики, нумеруют, оформляют изъятие проб в соответствии с процессуальными нормами и отправляют на исследование в лабораторию [4].

Контрольные вопросы:

1. Назовите состав основных компонентов древесины и их поведение при термическом воздействии.
2. Назовите визуальные признаки термических поражений на конструкциях из древесины.
3. Каким образом производится измерение глубины обугливания деревянных конструкций?
4. Назовите инструментальные методы и средства, применяемые для исследования конструкций из древесины.
5. Опишите зависимость электросопротивления углистых остатков древесины от температурного воздействия
6. Принцип работы комплекта оборудования АКО1-01-ЭП.

ГЛАВА 6. УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИЧИНЫ ПОЖАРА

6.1. Понятие о технической 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 суждений в заключении специалиста 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, специалист 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 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. Специалист 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.

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. При этом 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 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. Правовых оценок быть не должно [3].

6.2. Анализ причастности к возникновению пожара элементов электросетей. Задачи и последовательность осмотра электрооборудования на месте пожара

Согласно статистики, приведенной на официальном сайте КЧС МВД Республики Казахстан установлено, что наибольший материальный ущерб от пожаров приходится на источники зажигания, связанные с нарушение 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.

Электросети различают по роду тока: постоянный, переменный, трехфазный и многофазный.

По уровню напряжения:

- сверхвысокого напряжения $U_{\text{ном}} > 330 \text{ кВ}$,
- высокого напряжения $U_{\text{ном}} = 3/220 \text{ кВ}$,
- низкого напряжения $U_{\text{ном}} < 1 \text{ кВ}$,
- сверхнизкие напряжения (до 50 вольт).

В пожарно-технической экспертизе специалисты чаще всего рассматривают аварийные режимы, приводящие к пожарам, в сетях низкого напряжения до 1 кВ (бытовые, промышленные, осветительные ...) и в сетях сверхнизкого напряжения (строительные, транспортные, телефонные, компьютерные ...). В таких электрических сетях аварийные режимы приводят к выделению электрического тепла за счет протекания повышенных токов.

В электрических сетях выше 1 кВ следует учитывать поджигающие свойства электрической дуги возникающей при пробое изоляции или воздушной среды.

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 обусловливается 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 в скрутку 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.

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 [3].

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;
- специалист ИИПЛ может указать дознавателю на участок электросети или кабельных изделий, а также других элементов электросети с признаками аварийных процессов для осуществления процедуры изъятия с соответствующей 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 [3].

6.3 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 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 (6.1).

$$Q = I^2 R t \quad (6.1)$$

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 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.

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.

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 [10].

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 [10].

6.4 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 винипластовых 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.

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) Много 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 [3].

6.5 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, изъятый на объекте в зоне отсутствия термических поражений и очищенный 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 оплавлений 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.

Характерные признаки КЗ:

Характерные оплавления на токоведущих частях

Признаками оплавления проводников токами 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 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 (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.

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 окарины, 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, изъятый на объекте в зоне отсутствия термических поражений и очищенный 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.

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.

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 специалист сам разберется, какие нужны и важны, а какие - нет, не следует.

Длина изъятых участка 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 [3].

6.6 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 неоднократного срабатывания (неразрушающийся элемент) обычно применяются автоматические выключатели.

В низковольтных цепях также применяются самовосстанавливающиеся предохранители.

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 (6.2):

$$R_t = U^2 / P_d \quad (6.2)$$

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.

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.

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 НПР 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 [10].

Особенности исследования различных плавких вставок

Предохранители типа ПР - 2

Предохранители типа ПР - 2 (рисунок 6.1) 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, разрушение вставки происходит только в одном из перешейков, чаще всего в средней части плавкой вставки.

Плавкие медные вставки могут быть также исследованы методом металлографии.

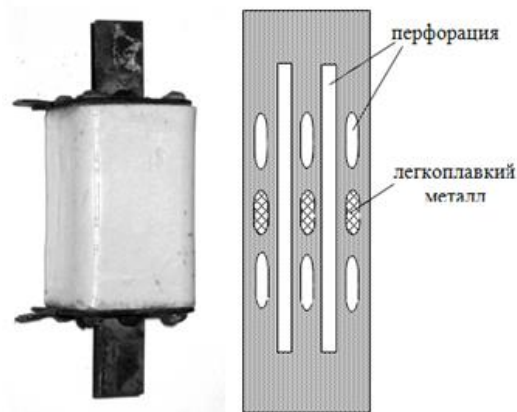
При коротком замыкании место оплавления имеет резко выраженную границу из-за взрывообразного разрушения плавкой вставки. На внутренней поверхности корпуса предохранителя обнаруживается большое количество мелких частиц (брызг) металла.



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 [2].

Ножевые керамические предохранители типа ПН - 2 (рисунок 6.2) 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 - 690 В. 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. Между этими участками располагается часть ленты полного сечения длиной 0,006 м, на которую 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 [2].

6.7. 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.



Рисунок 6.3.
Автоматический
выключатель

Автоматический выключатель (также называется «автомат защиты», «защитный автомат» или же просто «автомат» (рисунок 6.3) 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 А и свыше 63 А 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 [10].

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.

Устройство защитного отключения (сокр. **УЗО**, более точное название: устройство защитного отключения (рисунок 6.4.), 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).



Рисунок 6.4. Устройство защитного отключения

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 [10].

6.8 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 (рисунок 6.5). 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 6.5 Коммутационные изделия со следами 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 поджаты, 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 распаячные 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 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 [3].

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

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 ламп, образующихся при ее разрушении.

Иногда к этим двум аспектам добавляется и третий:

3) возможность загорания патрона или питающих проводов. [3]

На рисунке 6.6 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

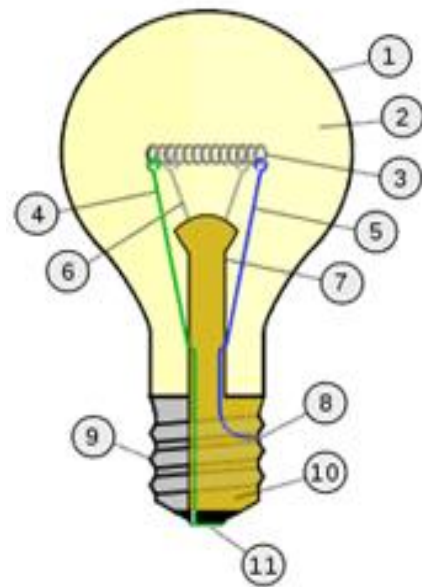


Рисунок 6.6.
Электрическая лампа

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

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.

В общем, можно сказать, что температуры на расстоянии 5 см от включенных ламп накаливания мощностью 200 Вт могут быть около 280 °С. Температуру около 240-260 °С имеют лампы меньшей мощности (60-100Вт) непосредственно на своей поверхности. На расстоянии 10 см от лампы накаливания мощностью 200 Вт 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.

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 °С. 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 токовводов 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 [3].

Основные признаки аварийных режимов сведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 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 [3].

6.10 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) КЗ в электропроводке светильников вследствие теплового или механического нарушения изоляции.

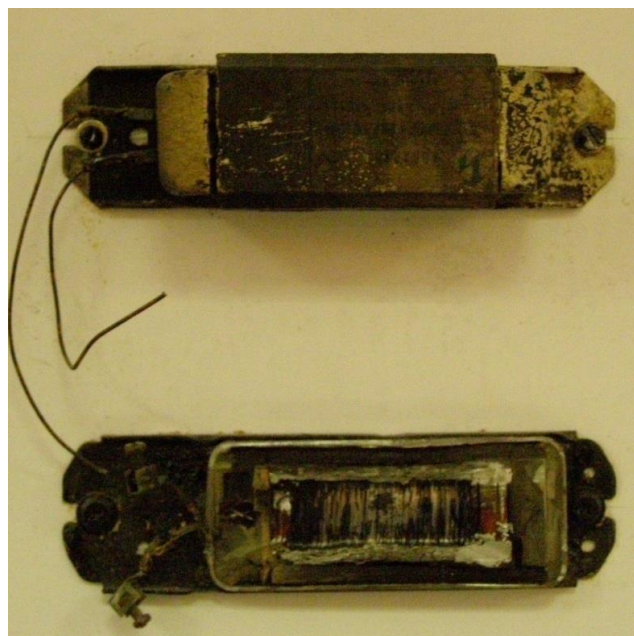
Горючей средой при этом являются:

- 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.

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. 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

Рисунок 6.7. Замыкание витков дросселя

дросселя, как показал эксперимент, при замыкании 78 витков (11,7 % от общей численности), (рисунок 6.7).

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°C [10].

6.11 Выявление признаков аварийной работы бытовых электропотребителей

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.

Признаками причастности бытовых холодильников к возникновению пожара являются локальные термические повреждения на корпусе холодильника напротив аварийного агрегата (рисунок 6.8).

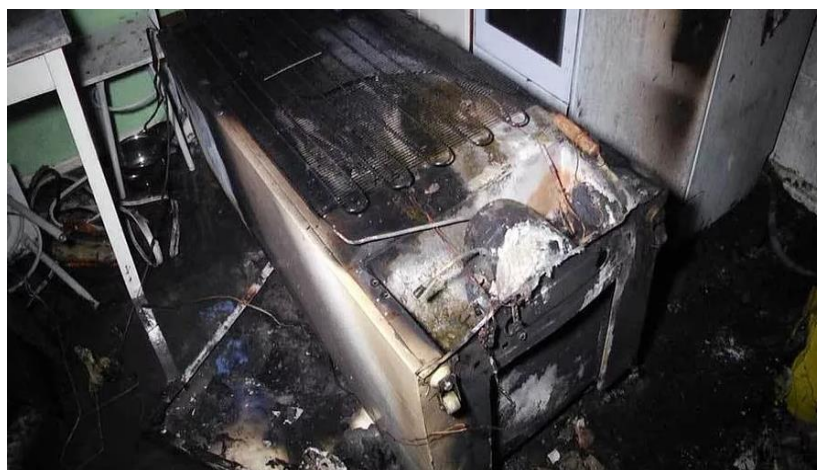


Рисунок 6.8 Холодильник с локальными термическими повреждениями

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.

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 электрозвонки 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, 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 электрозвонка,

пластмассовых деталей внутри него. Могут также наблюдаться вспышки внутри корпуса [10].

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 шёлковой 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) Трёхфазные 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 подводящих кабелей и проводов [10].

6.12. Анализ причастности к возникновению пожара тепловых, механических и химических источников зажигания

Анализ причастности к возникновению пожара тепловых, механических и химических источников зажигания

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.

Анализ причастности к возникновению пожара электронагревательных приборов

Электронагревательные приборы могут привести к возникновению пожара, в основном, в трех случаях (рисунок 6.9):

1) При возникновении в электрической части прибора аварийного режима работы (КЗ, БПС) в нормальных условиях эксплуатации;

2) При работе прибора в условиях, не предусмотренных правилами эксплуатации (например, работа электрокипятильника или электрочайника после выкипания воды; работа нагревательного элемента тепловентилятора после остановки вентилятора);

3) При нагреве сгораемых веществ и материалов, находящегося вблизи от нагревательного прибора, до температуры воспламенения или тления.

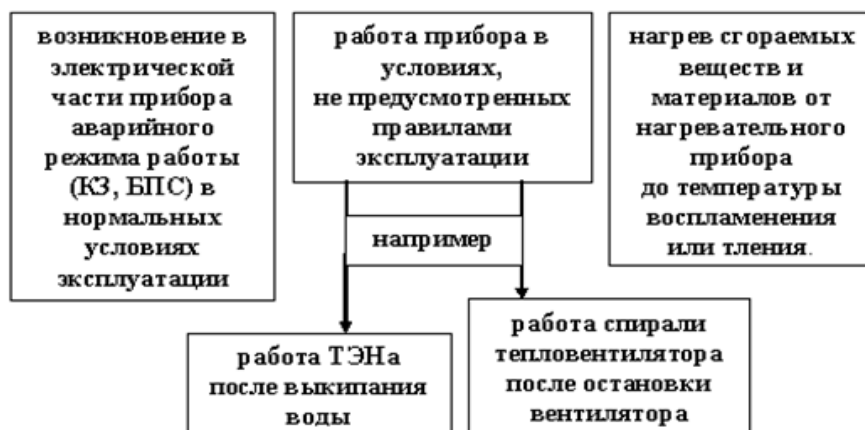


Рисунок 6.9 Возможные случаи возникновения пожара от электронагревательных приборов

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. Усугубляет пожароопасность органическая пыль, оседающая, например, на деталях электронных бытовых приборов во время их эксплуатации.

Следует иметь в виду, что материалы (полистирол, полиэтилен, 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.

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, имеющий металлический корпус, после выкипания воды может поджечь находящееся под ним основание. А электрокипятильник в металлической кружке способен после выкипания вода поджечь расположенную под ним деревянную конструкцию примерно через 600 - 900 секунд.

При анализе версии о причастности электроприбора к возникновению пожара, вначале необходимо попытаться выяснить был ли данный прибор включен в сеть, находящуюся под напряжением. Необходимо также рассмотреть условия срабатывания на аварийный режим аппаратов защиты электросети, состояние собственных защитных устройств электронагревательного прибора, наличие и состояние терморегуляторов, наличие и положение выключателя на приборе. Часто уже по состоянию загорания вилки и розетки можно установить был ли включен прибор в сеть.

Местом возникновения аварийных режимов могут быть и электрошнуры, которые в отличие от электропроводов, проложенных стационарно, постоянно испытывают перегибы, приводящие, порой, к излому. Опасны в этом отношении провода с литыми вилками, которые при извлечении из розетки часто тянут не за вилку, а за шнур. Поэтому тщательно необходимо рассмотреть участок шнура на расстоянии 0,05-0,1 м от вилки. Первичный аварийный режим на электрошнуре свидетельствует о его причастности к возникновению пожара, а вторичный – является доказательством того, что во время пожара электроприбор находился под напряжением. Опасным явлением, причем часто возникающим, является расплавление изоляции шнура от соприкосновения с горячими поверхностями нагревательного прибора.

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 [3].

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 [2].

Анализ причастности к возникновению пожаров электрокипятильников

Электрокипятильники погружные бытовые выпускаются следующих типов: ЭПМ - электрокипятильник малого габарита; ЭПО - электрокипятильник основного габарита; ЭПОТ - электрокипятильник основного габарита с термовыключателем.

В обозначении типов электрокипятильников буквы означают: Э - электрокипятильник; П - погружной; М - малого габарита; О - основного габарита; Т - с термовыключателем.

Электрокипятильники имеют несъемный соединительный шнур длиной 1,7 м. Электрокипятильники 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 кипятильники в силу термической повышенной стойкости оболочки могут без повреждений работать на воздухе до 900 секунд.

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 0,25 л с находящимся в ней включенным электрокипятильником прожигает дыру в 0,04 метровой сосновой доске за 3600-5400 секунд после выкипания воды. Впрочем, кипятильник из стали или медного сплава может обесточиться, если в результате его нагрева произойдет нарушение спаев выводных концов нагревательной спирали со шнуром питания [2].

Признаки причастности электрокипятильников к возникновению пожаров формируются:

- 1) на окружающих конструкциях или предметах;
- 2) на самом кипятильнике;

3) на питающем шнуре.

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

На самом кипятильнике образуются:

- 1) локальное разрушение трубки ТЭНа кипятильника;
- 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 кипятильника. Необходимо также установить, если это возможно, была ли включена вилка шнура кипятильника в розетку.

Инструментальное определение признаков работы кипятильника со стальным или латунным ТЭНом в аварийном режиме проводится путем исследования микротвердости. Признаком работы кипятильника 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 900 секунд 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 600–2160 секунд. За это время его подошва разогревается до 500 – 700 °С, что представляет серьезную пожарную опасность [2].

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.

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, сгущены и имеют равновесную форму [2].

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, электрошашлычницы, 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 [2].

6.13 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.

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 °С. Пожарную опасность представляет выход высоконагретых продуктов через неплотности в кладке топок, дымовых каналов [10].

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

накаленных 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 [10].

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 прессование 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.

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;

- 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 [10].

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 микроразнообразиях 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 [10].

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°C). 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].

6.14 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.

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 холодильник;
- 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 нагаромасляных отложений [3].

6.15 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 клеемешалках (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 воздухопроводам (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, надетая 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.

Скользящий кистевой разряд

Скользящий 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 [3].

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°С 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 достаточно для загорания практически всех горючих веществ [3].

6.16 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. 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 окуроч, от которого началось горение занятие бессмысленное.

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 газозооушной смеси продуктов неполного сгорания 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 напроситься вывод о поджоге [10].

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 окурок, 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.

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

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. Мягкие пенополиуретаны, 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 [2].

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°C. Обычно, она находится в пределах 150-400 °C, редко 500°C.

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 [2].

6.17 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 1080 - 1620 секунд. Сигареты второго сорта и папиросы первого сорта менее склонны к этому процессу и тлеют всего 240 - 300 секунд. 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 120 - 240 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 [2].

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 [2].

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 [10].

6.18 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.

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°C [2].

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 самонагрева. Это вызывает волну тления вещества, которая медленно распространяется к внешним слоям вещества. Поэтому, расположение очага в массе материала,

ближе к центру массива (где теплотери 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 [10].

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 самовозгораться в условиях повышенной концентрации кислорода.

Масла или олифы, находящиеся в емкостях не могут самовозгораться. 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 [2].

Ископаемые угли

В природных и промышленных условиях самовозгоранию подвержены бурые и каменные угли. Наиболее часто самовозгорание угля возникает в угольных шахтах. Часто самонагревание и самовозгорание 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 [2].

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 твердого 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), 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 серьезную проблему в производствах, использующих порошки металлов, в частности в порошковой металлургии и других процессах, где используются активные металлы в дисперсном состоянии [10].

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) [2].

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 [10].

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.

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 взрывами с разбрызгиванием расплавленного металла. В дисперсном состоянии щелочные металлы загораются 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 [2].

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 торфоразработках). 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 разрушенного («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 велики теплотери в окружающую среду [10].

Контрольные вопросы:

1. Назовите наиболее распространение причины аварийных режимов работы электрических сетей.
2. Опишите порядок исследования аппаратов управления и защиты электросетей при проведении осмотра места пожара.
3. Назовите основные устройства защиты электрических сетей и прицепы их работы.
4. Назовите причины аварийных режимов работы современных осветительных приборов и оборудования.
5. Как производится отработка версии о тепловом самовозгорании?
6. Отработка версий причастности к возникновению пожара табачных изделий.

ГЛАВА 7. ОТРАБОТКА ВЕРСИИ О ПОДЖОГЕ

7.1. 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 (рисунок 7.1):

- 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. [3].



Рисунок 7.1 Классификация поджогов

7.2. 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 деревья, 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); заблокированные 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 заборах 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, жалюзи, 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 неисправные средства контроля за технологическими процессами, отсутствие документации, нерабочие 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 [3].

7.3. 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 [3].

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 [3].

7.4. 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 (рисунок 7.2). 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.

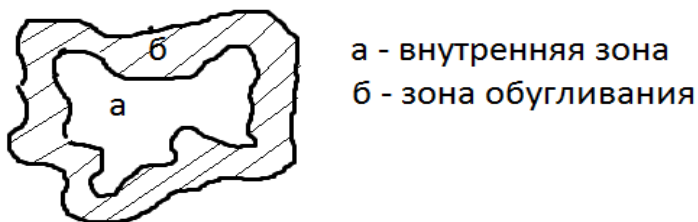


Рисунок 7.2 Характерные пятна от сгоревшей жидкости

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).

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 [3].

7.5. Классификация веществ, применяемых поджигателями для ускорения зажигания и горения

Множественность очагов пожара, а также быстрая динамика развития пожара часто являются следствием применения инициаторов или ускорителей горения. Да и среди устройств, применяемых для поджогов, мы выделяли средства доставки на место пожара ЛВЖ и ГЖ или устройства, с помощью которых они применяются. Таким образом, этот признак – наличие на месте пожара остатков или следов инициаторов горения – становится, пожалуй, наиболее важным, ключевым среди всех квалификационных признаков поджога. Этот вывод следует и из повседневной практики работы технических специалистов, которые при подозрении на поджог стремятся в первую очередь отобрать соответствующие пробы и исследовать их на наличие инициаторов горения.

Вещества, которые могут быть использованы как средства поджога принято называть ускорителями или инициаторами горения. Эти вещества используются как сами по себе, так и в составе смесей, а также в технических средствах (устройствах) для поджога. Инициаторы горения, то есть вещества и материалы, свойства которых благоприятствуют возникновению горения, можно подразделить на две большие группы:

- легковоспламеняющиеся и горючие жидкости,
- специальные составы [10].

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости

Из большого числа горючих жидкостей наиболее часто применяются при поджогах моторные топлива (бензин, авиационный керосин, дизельное топливо); растворители и технические жидкости, являющиеся товарными нефтепродуктами (уайт-спирит, бензин «калоша», осветительный керосин); растворители не нефтяного ряда (различные номерные растворители, ацетон, спирт и пр.). Реже применяются некоторые товары пищевой и парфюмерно-косметической промышленности (духи, лосьоны, пищевые спиртосодержащие жидкости).

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 (бензиновые, топлива для ВРД, 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, они 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. Особенности химического состава и молекулярной структуры компонентов каждой из выделенных групп легковоспламеняющихся и горючих жидкостей представлены на рисунке. Эти групповые особенности положены в основу разработки признаков их диагностики.

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 [10].

Специальные составы

К этой группе принадлежат вещества и смеси веществ, возгорающиеся при контакте друг с другом. К ним относятся специальные поджигающие составы на основе сильных окислителей, промышленные пиротехнические составы, термиты. Их основные компоненты – окислитель, являющийся

источником кислорода, и горючее вещество. Вещества этой группы используются поджигателями не так часто, как горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, но многие заказные поджоги выполняются с их применением.

Вещества, используемые для приготовления спецсоставов весьма разнообразны. Чаще всего они имеют неорганическую природу: щелочные металлы в чистом и связанном состоянии, щелочноземельные металлы и их производные, хлораты и перхлораты, кислородсодержащие вещества - пероксиды, хроматы, броматы и йодиты, перманганаты, фосфоросодержащие и некоторые иные вещества. Все вышеперечисленные группы веществ могут быть использованы поджигателями из-за своих специфических свойств - выделять кислород или водород при незначительном нагреве, выделять большое количество тепла, способного воспламенить окружающие предметы вследствие экзотермической химической реакции взаимодействия или разложения. Инициирование таких реакций может быть осуществлено различными способами: ударом (азид свинца, хлорат калия и т.д.), от соприкосновения с воздухом или влагой (щелочные и щелочноземельные металлы), от незначительного подогрева (нитраты свинца, натрия), серебра и т.д).

Возможно инициирование экзотермической реакции при взаимодействии двух химических реагентов, например: нитрат натрия + масло (масляная ветошь). Механизм такой реакции прост: при небольшом нагреве нитрат натрия начинает расщепляться с выделением кислорода, кислород взаимодействует с маслом, результат - мгновенное воспламенение. Таких комбинаций существует довольно много и некоторые из них уже «успешно» применены на практике.

Как уже отмечалось, для возникновения горения и устойчивого его развития на первой стадии нужен, как правило, сильный окислитель в сочетании с легко окисляемым веществом или материалом (известны случаи, когда на объекте уже есть горючие вещества, тогда достаточно использовать только сильный окислитель).

Простейшими кислородосодержащими окислителями являются оксиды, например, оксиды железа, свинца, а также меди, цинка, кремния, висмута, вольфрама, а также оксиды хрома и ванадия, перекиси бария и стронция. Также в роли окислителей могут выступать соединения, содержащие элементы, реакция которых с горючими веществами происходит в форме горения – галогены, серу, фосфор, азот, углерод, бор, селен, теллур. К простейшим соединениям этого типа относятся галогениды, сульфиды и нитриды малоактивных металлов.

Наиболее многочисленную группу окислителей входящих в состав специальных составов образуют неорганические кислородсодержащие соли (нитраты, перманганаты, хлораты, перхлораты, сульфаты, хроматы и бихроматы и т.п.). Некоторые из них, а именно соли аммония, калия, натрия, бария, стронция, применяются довольно широко; соли лития, рубидия, цезия

применяются значительно реже.

Разнообразие физико - химических свойств рассматриваемых веществ - инициаторов горения, их доступность, провоцирует разработку и производство, даже в домашних условиях, различного вида огнезажигающих и огнепроводных устройств, что значительно затрудняет работу пожарных экспертов по расследованию пожаров. В состав нетрадиционных инициаторов горения входят вещества, значительно различающиеся по своей химической природе, поэтому обнаружение их остатков на месте пожара, при расследовании поджогов является весьма сложным делом.

Вещества, используемые для ускорения горения при возможном поджоге, в большинстве случаев изменяют свое первоначальное состояние, образуя новые соединения в результате химических взаимодействия и термической деструкции под воздействием высокой температуры на пожаре. При этом образуются продукты, находящиеся в газовой, жидкой и твёрдой фазах. Все эти формы могут присутствовать на месте пожара. Однако трудно ожидать составления поджигателем поджигающих смесей, в которых инициатор горения и горючее вещество находились бы в стехиометрическом соотношении. Психология поджигателя чаще всего заставляет его использовать инициатор горения в избыточном количестве. Поэтому на месте пожара, возможно обнаружение не только продуктов разложения инициаторов горения, но и их непрореагировавших остатков.

В случае применения поджигателем смеси компонентов - горючее вещество + окислитель, в очаговой зоне на обугленных материалах, будут присутствовать вещества, содержащие окислитель в исходной окисленной, а также в различных более или менее восстановленных формах.

Для целей пожаро-технической экспертизы наиболее целесообразными является использование инструментальных методов. Среди них наиболее результативными являются: атомно-эмиссионная спектроскопия, атомно-абсорбционная спектроскопия, масс-спектрометрия, рентгенофлуоресцентный анализ [10].

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

Современные лабораторные методы позволяют обнаруживать остатки от сгорания буквально капель 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. пока 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 необугленную 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 50 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 низко концентрированную 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 [10].

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. Очень хорошим сорбентом являются пищевые сыпучие продукты. Особое внимание надо уделять грунту под полом, если в доме или сарае, где злоумышленник устроил поджог, нет чернового 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 очаг 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 искоемых 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 [10].

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 изъятими 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, изъывшего 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.

Контрольные вопросы:

1. Как можно классифицировать основные методы совершения поджога?
2. Назовите квалификационные признаки поджога.
3. Назовите основные признаки применения легковоспламеняющихся жидкостей в качестве инициаторов горения.
4. Какие методы и средства применяются для обнаружения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара?
5. Назовите основные принципы отбора и упаковки проб с остатками ЛВЖ и ГЖ с места пожара.
6. Для чего производится отбор «нулевой пробы»?

Перечень принятых сокращений

ИИПЛ – исследовательская испытательная пожарная лаборатория
ПУЭ - правил устройства электроустановок
РТП - руководитель тушения пожаров
УПК РК – уголовно-процессуальный кодекс
ППБ – правила пожарной безопасности
СНиП - строительные нормы и правила
КЗ - короткое замыкание
ПКЗ - первичное короткое замыкание
ВКЗ - вторичное короткое замыкание
ДТА - дифференциальный термический анализ
УЗО - устройство защитного отключения
БПС - большое переходное сопротивление
ПРА - пускорегулирующая аппаратура
ТЭН - трубчатый электронагреватель
ЛВЖ - легковоспламеняющаяся жидкость
ГЖ – горючая жидкость
РСА - рентгеноструктурный анализ
ИКС - инфракрасная спектроскопия
ВТХ - время-токовая характеристика
ПРА - пускорегулирующая аппаратура
МЭВ - минимальная энергия воспламенения
НП – нефтепродукты
УВ - углеводороды
ФИД - фотоионизационный детектор

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.Д. Чешко Расследование пожаров: ФГУ ВНиПО МЧС России, 2009 год, 213с.
2. В.С. Артамонов, В.П. Белобратова, Ю.Н. Бельшина Учебник Расследование пожаров: Санкт – Петербургский университет ГПС МЧС России, 2007 год. 562с.
3. Галишев М.А., Шарипов С.В., Попов А.В. Учебник Пожарно-техническая экспертиза: Санкт – Петербургский университет ГПС МЧС России, 2013 год. 151с.
4. Е.В. Карасев, Бариев А.Р. Учебное пособие Пожарно-техническая экспертиза: Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России, 2015г. 236с.
5. И.Д. Чешко Методическое пособие Технические основы расследования пожаров: Санкт-Петербург, 2002 год. 254с.
6. И.Д. Чешко Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования): Санкт-Петербург, 1997 год. 817с.
7. И.Д. Чешко, Н.В. Юн Методическое пособие Осмотр места пожара ВНИИПО, 2004 год. 503с.
8. Приказ Министра юстиции Республики Казахстан от 27 марта 2017 года № 306 «Об утверждении Перечня видов судебных экспертиз, проводимых органами судебной экспертизы, и экспертных специальностей, квалификация по которым присваивается Министерством юстиции Республики Казахстан»
9. Уголовно-процессуальный кодекс Республики Казахстан от 4 июля 2014 года № 231-V ЗРК.
10. Галишев М.А., Бельшина Ю.Н., Дементьев Ф.А Учебник Пожарно-техническая экспертиза, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2014 год. 410 с.
11. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 27 июля 2017 года № 510 «Об утверждении Правил осуществления деятельности исследовательских испытательных лабораторий».
12. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров. – М.: Стойиздат, 1990 год. – 424с.
13. 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 год. 120 с.
14. Ильин Н.А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром.- М.: Стройиздат, 1983 год. 200 с.
15. 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 год. 44с.
16. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электрических устройствах. –М.: Стройиздат, 1980 год. 59с.

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

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

19. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие. 1992 год. 88с.

20. Судебная нормативная пожарно-техническая экспертиза: Методическое пособие /к.т.н., доцент С.П. Воронов, к.ю.н., доцент С.А. Кондратьев, Н.В. Петрова, С.В. Скодтаев, к.т.н. А.А. Тумановский, под ред. д.т.н., профессора И.Д. Чешко. – М., ВНИИПО, 2013 год.

21. Исследование и экспертиза пожаров: Словарь общих и специальных терминов / Под ред. д.т.н., профессора И.Д. Чешко. М.: ВНИИПО, 2009 год.

