

**ФГБУ ВНИИПО МЧС России
Санкт-Петербургский филиал**

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ ПОЖАРОВ

И. Д. Чешко

В. Г. Плотников

**АНАЛИЗ
экспертных версий
возникновения пожара**

Книга 2

Санкт-Петербург

2012

ББК 38.96
УДК 614.84
Ч-57

Рецензент:

*Улыбин В.Б. – доктор технических наук, профессор
(СПб технологический институт (технический университет))*

Чешко И. Д., Плотников В. Г.

Ч-57 Анализ экспертных версий возникновения пожара.
В 2-х книгах. СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 2 –
Санкт-Петербург : 2012. – 364 с. : ил.

Вторая книга данной монографии посвящена техническим и методическим аспектам установления причин пожаров, связанных с дефлаграционным горением и взрывами пыле-паро-газо-воздушных смесей, пожаров автомобилей, природных пожаров, а также искусственно инициированных пожаров (поджогов). Заключительные главы посвящены реконструкции начальной стадии пожара, а также подведению итогов экспертного анализа и формулированию выводов о причине пожара.

Издание предназначено для пожарно-технических экспертов МЧС России и других ведомств, а также инженеров и научных сотрудников, работающих в области исследования и экспертизы пожаров.

Издание может быть полезно курсантам и студентам высших учебных заведений пожарно-технического и экспертного профиля.

**ББК 38.96
УДК 614.84**

ВВЕДЕНИЕ

В первой книге данного издания было приведено достаточно много информации, необходимой для анализа версий возникновения пожара от наиболее распространенных источников зажигания – открытого пламени, нагретых поверхностей различной природы, электрических и фрикционных искр и т.д., а также в результате протекания различных пожароопасных процессов. Пожары от указанных источников зажигания могут возникать в контакте с различными горючими средами и на различных объектах – как природных, так и рукотворных. И, тем не менее, мы сочли необходимым отдельно остановиться на наиболее сложных для экспертного анализа и достаточно часто встречающихся на практике ситуациях. К таковым относятся взрывы пыли-паро-газо-воздушных смесей (газовые и пылевые взрывы), природные (в первую очередь лесные) пожары, поджоги. Из технических средств, наиболее часто становящихся объектом пожара, мы в отдельной главе рассмотрим пожары автомобилей.

Методически неверно было бы не рассмотреть в данной книге, хотя бы кратко, и вопросы реконструкции начальной стадии пожара, которая должна завершать экспертный анализ версий по причине пожара. Именно от этой стадии зависит, разовьётся ли пожар за пределы очага с той или иной скоростью, либо произойдет его самозатухание. Реконструкция начальной стадии пожара является, по сути, «проверкой на прочность» результатов экспертного анализа и сделанного экспертом вывода о причине пожара.

Наконец, естественным финалом экспертного анализа версий является подведение его итогов и формулирование выводов о причине пожара. Здесь, как показывает практика, есть свои нюансы и проблемы, на которые также следует обратить внимание экспертов.

Авторы выражают искреннюю признательность всем экспертам СЭУ ФПС МЧС России, чей практический опыт, выполненные экспертизы и исследования нашли отражение в тексте книги. Особая благодарность – Ю.Н. Елисееву, М.Ю. Принцевой, А.В. Мокряк, Е.В. Олесовой и другим сотрудникам Исследовательского центра экспертизы пожаров за помощь в подготовке данного издания.

Надеемся на отзывы со стороны коллег по содержанию книги.

ГЛАВА 13.

Дефлаграционное горение и взрывы пыле-паро-газо-воздушных смесей

- 13.1. Классификация взрывов
- 13.2. Действие взрыва
- 13.3. Особенности разрушений при взрывах газов и паров
- 13.4. Оценка повреждений и сила взрыва
- 13.5. Действие факторов взрыва на человека и животных
- 13.6. Взрывы в результате утечки газа
- 13.7. Взрывы бытовых газовых баллонов
- 13.8. Взрывы и вспышки аэрозольных систем «жидкость-воздух»
- 13.9. Розлив и испарение горючей жидкости
- 13.10. Взрывы в емкостях с ЛВЖ (ГЖ)
- 13.11. Горение и взрывы пылей
- 13.12. Вспышки и взрывы, возникающие в ходе пожара
- 13.13. Дифференциация взрывов конденсированных ВВ и газо-паро-пыле-воздушных смесей. Обработка версии

Достаточно часто из показаний пострадавших, свидетелей, других материалов дела следует, что пожар начался (или пожару предшествовало) явление, условно называемое взрывом. Взрывные явления могут наблюдаться и в ходе развития пожара. И в том, и в другом случае природа и причины возникновения указанных явлений требуют исследования. При этом приходится отвечать на ряд вопросов, основные из которых следующие.

1. Имел ли место взрыв вообще? В одних случаях факт взрыва очевиден по тем разрушительным последствиям, которые он оставил. Если в жилом доме вынесло стену или разрушена целая многоэтажная секция, то сомневаться в факте взрыва, естественно не приходится.

Однако очень часто такие сомнения могут иметь место. Многие свидетели, находясь в состоянии стресса от увиденного на пожаре, склонны трактовать как взрыв любой громкий и резкий звук, будь то разбитая бутылка, лопнувшая лампа или колесо автомобиля. Даже профессиональные пожарные, сталкиваясь в процессе тушения с такими явлениями, как «обратный удар» или «общая вспышка» (см. ниже), воспринимают и оценивают случившееся, как взрыв. Поэтому квалификационные признаки взрыва как физико-химического процесса должны быть выявлены и соответствующим образом оценены.

2. Какова природа взрыва?

Вопрос о природе взрыва является важнейшим уже на начальной стадии расследования инцидента, т.к. определяет круг специалистов, в чьих возможностях и компетенции с ним разбираться. Если это был взрыв штатного или самодельного боеприпаса, то это прерогатива взрывотехнических экспертов. Если имела место утечка газа, испарение горючей жидкости и другие процессы, вызвавшие формирование горючей пыле-паро- или газо-воздушной смеси (далее – топливо-воздушной смеси, ТВС) и ее дефлаграционное сгорание или взрыв, то это в общем случае компетенция пожарно-технических экспертов. Физические взрывы требуют участия специалистов-технологов, механиков, металловедов и т.д.

Установление природы взрыва может представлять собой достаточно сложную задачу, поэтому данному вопросу ниже по тексту уделяется особое внимание.

3. Что первично – взрыв или пожар?

Подобный вопрос является важнейшим для следствия и, как правило, ставится на разрешение эксперта, если пожар сопряжен со взрывом и временной промежуток между взрывом и обнаружением первых признаков горения незначителен.

Ниже изложены некоторые сведения о взрывных явлениях, необходимые для ответа на приведенные выше вопросы. Основное внимание мы постарались уделить горению и взрывам ТВС, а также признакам, позволяющим отличить эти процессы от взрывов конденсированных взрывчатых веществ (ВВ).

При экспертном исследовании пожара, сопряженного со вспышкой (взрывом) ППГВС, многое не соответствует классическим канонам пожарно-технической экспертизы.

Очень трудно отвечать на вопрос об очаге пожара – очаговые признаки по месту инициирования взрыва не успевают сформироваться, горение после взрыва может возникнуть сразу в нескольких местах, а зону наибольших термических поражений никак нельзя автоматически отождествлять с очагом пожара – в подобных случаях такая зона, как правило, формируется по месту наибольшей (или наиболее легкогорючей) пожарной нагрузки, лучших условий воздухообмена и т.д.

Если инцидент произошел в закрытом помещении, то наибольшие разрушения также могут быть вовсе не в центре взрыва или центре помещения, а, наоборот, по периметру данного помещения. Многое зависит от геометрии помещения, заполненности его мебелью и оборудованием, наличия оконных и дверных проёмов (см. далее).

Здесь не применим стандартный экспертный подход, когда установление непосредственной причины пожара, по сути, заменяется поиском источника зажигания. Если взрыв не является следствием преднамеренных действий, то источник зажигания носит обычно случайный характер – это может быть искра электрическая, фрикционная, открытый огонь и т.д. В данном случае важнее разобраться со второй вершиной «треугольника пожара» – горючим веществом – объяснить, что это за вещество и откуда оно могло появиться. Не лишним будет показать, что вещество это могло не просто присутствовать в воздухе, а находиться во взрывоопасных концентрациях.

Всё вышеперечисленное создаёт для эксперта определенные трудности, но трудности преодолимые при соответствующем уровне квалификации и творческом подходе к экспертному исследованию.

13. 1. Классификация взрывов

- Физические взрывы
 - Взрывы расширяющихся паров кипящей жидкости
- Химические взрывы
 - Взрывы горючих паров и газов
 - Механизм горения ГПВС. Дефлаграция и детонация
 - Взрывы пылей
 - Взрывы продуктов неполного сгорания веществ и материалов
- Прочие виды взрывов

Взрыв, в широком смысле этого слова, представляет собой *«процесс весьма быстрого физического или химического превращения системы, сопровождающийся переходом ее потенциальной энергии в механическую работу. Работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов или паров независимо от того, существовали ли они до или образовались во время взрыва»* [1].

В [2] взрыв определяется как *«внезапное превращение потенциальной энергии (химической или механической) в кинетическую энергию с выработкой и высвобождением газов под давлением. Эти газы под высоким давлением затем производят механическую работу, такую как передвижение, изменение или разрушение окружающих объектов»*.

Взрывы по природе своей обычно разделяют на три основные группы – физические, химические, ядерные. Иногда, кроме этого, выделяют так называемые «электрические» взрывы. Эти типы отличаются друг от друга источником или механизмом взрывного давления.

Физические взрывы

Физические взрывы (в отдельных странах и литературных источниках их принято называть **механическими** взрывами) сопровождаются переходом потенциальной энергии сжатого газа в кинетическую и происходят, когда прочностных свойств оболочки оказывается недостаточно для сохранения газа или пара, находящегося под давлением, в первоначальном объеме. Физические (механические) взрывы – это взрывы, при которых высокое давление газа создается чисто физическим путем; здесь нет изменений в химической природе вещества, содержащегося в реакторе, баллоне или иной емкости. Чисто физический взрыв – это нарушение целостности баллона или цистерны с газом в результате освобождения газа, хранящегося под высоким давлением, например, сжатого воздуха, двуокиси углерода, кислорода и т.д.

Взрывы расширяющихся паров кипящей жидкости

Одна из разновидностей физического (механического) взрыва – взрыв расширяющихся паров кипящей жидкости (в англоязычной специальной литературе их обозначают аббревиатурой **BLEVE** [2]). Это взрывы сосудов, содержащих жидкости под давлением при температуре, превышающей их температуры кипения при нормальных условиях. Для взрыва вовсе не обязательно воспламенение жидкости. Взорваться может и зажигалка или аэрозольный баллончик, бак автомобиля, цистерна с жидкостью в промышленности. BLEVE может произойти, когда температура жидкости и паров внутри емкости поднимается до точки, при которой возрастающее внутреннее давление нельзя больше сдерживать, и емкость взрывается. Подобный взрыв может также быть результатом уменьшения прочности емкости при механическом повреждении или локальном нагревании. Разрыв емкости освобождает жидкость, находящуюся под давлением, она выбрасывается наружу, испаряясь почти мгновенно [2].

Если жидкость горючая, то при этом часто возникает пожар. Зажигание происходит от источника внешнего тепла, которое явилось причиной нагрева емкости, либо от какого-нибудь электрического источника, либо в результате трения, созданного взрывом или разлетающимися при взрыве осколками.

Обычный пример BLEVE, не связанного с воспламенением жидкости, это взрыв парового котла. Источником избыточного давления является пар, создаваемый нагреванием и кипящей водой. Когда котел больше не может сдерживать давление пара, происходит взрыв.

BLEVE – это тип физического взрыва, который чаще других физических взрывов рассматривается при экспертном исследовании пожаров. Обычно он происходит уже в ходе пожара, когда температура жидкости и пара внутри цистерны или сосуда поднимается по причине внешнего нагрева до точки, при которой возрастающее внутреннее давление не может дальше быть сдержано, и происходит взрыв

Может подобный взрыв и *предшествовать* пожару. Распространенным примером такой ситуации является разрушение переполненного сверх норматива и внесенного в теплое помещение газового баллона со сжиженной пропанобутановой смесью. Результатом такого физического взрыва может быть второй, гораздо более мощный, уже *химический* взрыв образовавшейся в объеме помещения горючей паровоздушной смеси и последующий пожар.

Химические взрывы

В химических взрывах выделение газа высокого давления является результатом экзотермических реакций с изменением химической природы горючего вещества. Химические реакции, связанные с взрывом, обычно передаются по фронту реакции от точки возникновения.

В химических взрывах могут участвовать твердое горючее вещество или взрывные смеси топлива и окислителя.

Можно выделить несколько подтипов взрывов в соответствии с видом топлива. Это взрывы:

- горючих газов;
- паров легковоспламеняющихся, горючих жидкостей или жидкостных аэрозолей;
- горючих пылей;
- конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) небольшой силы (подвергающихся дефлаграции);
- конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) большой силы (подвергающихся детонации);
- газообразных и мелкодисперсных продуктов неполного сгорания.

Исследование взрывов конденсированных ВВ находится в компетенции экспертов-взрывотехников. Поэтому ниже мы остановимся на химических взрывах, исследуемых в рамках судебных пожарно-технических экспертиз. Это взрывы горючих газов, паров, жидкостных аэрозолей и твердых аэрозолей (пылей).

Взрывы горючих паров и газов

Самыми распространенными в практике пожарно-технических экспертов химическими взрывами являются те, которые произошли вследствие горения паров легковоспламеняющихся (горючих) жидкостей и горючих газов. Эти взрывы часто называют **газовыми взрывами** [65]. Под газовыми взрывами принято понимать процесс горения (дефлаграции), либо детонации газового облака – смеси горючего вещества (в газовой или паровой фазе) с воздухом или иным окислителем, приводящий к быстрому повышению давления в замкнутом объеме или в среде, окружающей место взрыва. Газовые взрывы могут происходить в технологическом оборудовании, в трубах и каналах, в зданиях и отдельных помещениях [65].

Во взрывах газо-паровоздушных смесей (далее будем обозначать их как ГПВС), избыточное давление создается быстрым горением топлива и быстрым выделением больших объемов продуктов сгорания и нагретых газов.

Взрывы ГПВС, а также жидких аэрозольных систем и пылевоздушных смесей образуют класс **объемных взрывов**. В отличие от взрывов пылей, которые происходят только в помещениях и иных замкнутых пространствах, взрывы ГПВС могут происходить как в помещениях, так и в открытом пространстве [1].

В. Маршалл [3] классифицировал вещества, способные к образованию ГПВС, в соответствии с диаграммой состояния (твердая фаза – жидкость – газ – пар):

1 категория: вещества с критической температурой ниже температуры среды (криогенные вещества – например, сжиженный природный газ, азот, кислород);

2 категория: вещества с критической температурой выше, а точкой кипения ниже, чем в окружающей среде (сжиженный нефтяной газ, пропан, бутан, аммиак, хлор) Их особенностью является мгновенное (очень быстрое) испарение части жидкости при разгерметизации и охлаждение оставшейся части до точки кипения при атмосферном давлении;

3 категория: жидкости, у которых критическое давление выше атмосферного и точка кипения выше температуры окружающей среды (т.е. вещества, находящиеся в жидком состоянии в обычных условиях). Сюда попадают некоторые вещества предыдущей категории – бутан в холодную погоду и оксид этилена – в жаркую;

4 категория – вещества, содержащиеся при температурах, выше температуры кипения (например, водяной пар в котлах).

При разрушении емкостей с веществами 1 и 2 категории происходит их выброс в атмосферу, вскипание с быстрым испарением и образованием облаков ГПВС.

При разлинии жидкостей 3 категории их испарение зависит от их летучести, температуры внешней среды, скорости ветра. Подробнее об этом – см. в [4].

После выброса горючего развитие явления может протекать по четырём направлениям [5, 65]. Они показаны на рис. 13.1.

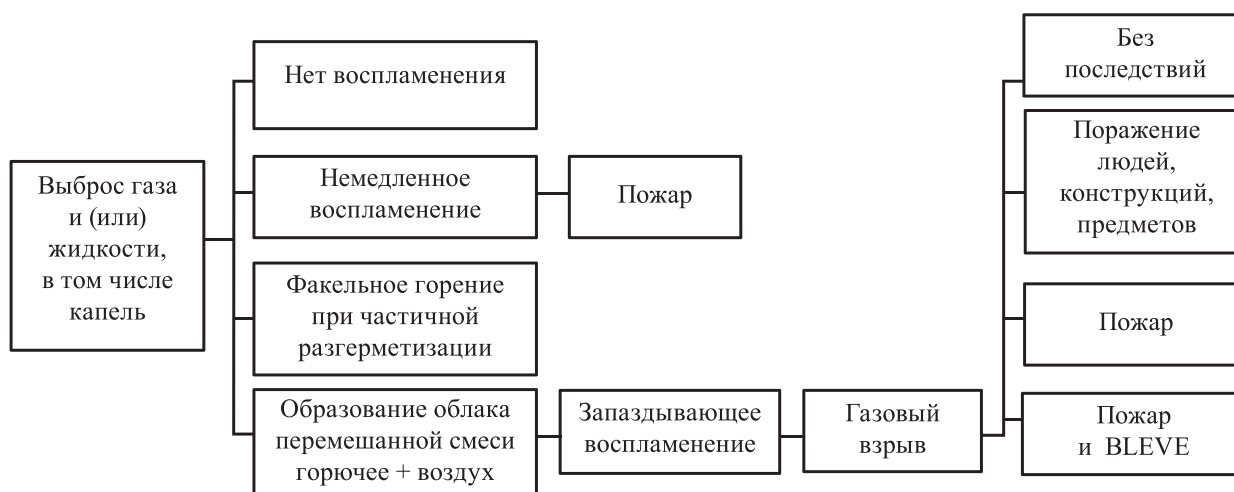


Рис.13.1. Дерево событий, происходящих при выбросе газа или ЛВЖ(ГЖ) в помещении

Если концентрация горючего в воздухе окажется ниже НКПР, выше ВКПР или источник зажигания отсутствует, то облако рассеется и взрыва не происходит. В противном случае загорание может произойти немедленно или с определенным замедлением, иногда через десятки минут после формирования облака. При немедленном воспламенении чаще всего происходит вспышка облака и возникает пожар без фугасных эффектов. Но самая опасная ситуация возникает в случае, когда к моменту загорания успевает образоваться большое облако перемешанной смеси горючего с воздухом [65].

Механизм горения ГПВС. Дефлаграция и детонация

В большинстве перемешанных газо-паровоздушных смесях при возникновении горения распространение пламени по исходной свежей смеси происходит со сравнительно низкой скоростью. Такое ламинарное или слаботурбулентное горение именуется дефлаграционным горением (*дефлаграцией*) или *вспышкой*. В самоподдерживающейся волне этого горения, фронт реакции которого продвигается по горючей смеси за счёт теплопроводности и конвекции в направлении от сгоревшего к несгоревшему, не происходит значительного повышения давления, обусловленного ускорением реакции. Рост давления в этом случае является в основном результатом повышения температуры и даже в помещениях не превышает 0,6 – 0,7 МПа. Но в условиях замкнутого объёма он может, однако, привести к разрушению ограждающих очаг горения сплошных конструкций.

Дефлаграция, таким образом, способна симметрично распространяться во все стороны от источника зажигания. Она характеризуется, как указывалось выше, генерацией волны низкого давления, не обладающей особо выраженным ударным действием, а отмеченное выше разрушение конструкций является следствием не ударной волны, а общего увеличения давления в объёме помещения и достижения конструкциями предела прочности. Качественные изменения объекта происходят главным образом под влиянием воздействия тепла (термические повреждения).

По сути, то, что называется дефлаграционным взрывом, есть быстрое сгорание газо- (паро-) воздушной смеси с концентрацией горючего от НКПР до ВКПР, т.е. смеси, подготовленной к горению. Скорость так называемого нормального горения зависит от концентрации горючего в смеси. Обратим внимание, что приводимая в учебниках и справочниках скорость нормального горения $V_{н}$ – это скорость движения пламени относительно образовавшихся и расширяющихся, движущихся продуктов взрыва. Скорость движения пламени, которую мы наблюдаем, представляет сумму скоростей расширения смеси и нормального горения. В начальный момент взрыва она больше $V_{н}$

в ϵ – раз, где ϵ – кратность увеличения объема газовой смеси за счет выделения продуктов сгорания и повышения температуры газовой фазы. Так, например, для пропано- и метано-воздушных смесей начальная видимая скорость пламени составляет около 3 м/с [6].

В целом диапазон возможных скоростей движения зоны дефлаграционного взрывного горения относительно неподвижного наблюдателя весьма широк и находится в диапазоне от единиц до десятков и сотен м/с, но меньше скорости звука. При случайных газовых взрывах углеводородно-воздушных смесей и маломощном источнике зажигания (например, электрической искре) начальная стадия взрывного превращения проходит в форме «медленного» движения ламинарного фронта пламени с видимой скоростью движения до нескольких десятков м/с.

При взрыве в зданиях или технологических модулях, насыщенных элементами оборудования, скорость пламени может возрасти до нескольких сотен м/с [65, 67].

Считается, что при дефлаграционном взрыве реализуется принцип квазистатичности избыточного давления. Т.е. давление, действующее в данный момент времени на любой конструктивный элемент ограждения (стены, потолок, окна, двери и т.д.) одинаково во всех точках помещения [6]. В зависимости от скорости дефлаграции создаваемые ей барические нагрузки могут достигать нескольких сотен кПа [65].

Но возможно распространение пламени по газовой фазе и по другому механизму – каждый последующий слой газовой смеси нагревается не молекулярной теплопроводностью, а путём быстрого и интенсивного сжатия. Это сжатие вызывается ускорением фронта пламени. Продукты сгорания, образующиеся при горении смеси, не только нагревают примыкающий слой свежей газовой смеси, но и, расширяясь за счёт нагрева, приводят в движение несгоревшую смесь. Быстрое движение газовой смеси и трение её о встречающиеся препятствия приводят к всё более возрастающей турбулизации смеси перед фронтом пламени. Пламя ещё больше вытягивается, его поверхность увеличивается, скорость пламени в целом возрастает и может достичь 1000 м/с. Такое увеличивающееся ускорение пламени приводит к возрастающему повышению давления и образованию волны сжатия – ударной волны [7].

Ударная волна представляет собой границу скачкообразного перехода от состояния исходной газовой смеси к состоянию сжатой смеси. Ударная волна создаёт условия сжатия всё новых слоёв под воздействием расширяющихся продуктов сгорания. Таким образом, по газовой смеси впереди фронта пламени распространяются волны сжатия в виде последовательных слабых ударных волн. Скорость распространения последующей ударной волны выше предыдущей. Это приводит к тому, что последующая ударная волна догоняет предыдущую и совокупность таких волн создаёт одну сильную ударную волну, в которой газовая смесь нагревается до температуры адиабатического самовоспламенения. Газовая смесь воспламеняется, и возникает новый устойчивый режим распространения горения – **детонация**. При детонации от слоя к слою передаётся только импульс сжатия, а теплопроводность при этом не играет роли. Скорость распространения детонационной волны в газовой фазе составляет 2000 – 5000 м/с [28].

В отдельных источниках скорость детонации для газовых смесей указывается равной 700–2100 м/с.

В [8] сообщается о подразделении этих взрывов в США на два типа: низкоскоростной взрыв (скорость ударной волны до 900 м/с) высокоскоростной взрыв – детонационный (скорость ударной волны превышает 900 м/с).

В [4] отмечается, что огненный шар без детонации возникает обычно при горении ГПВС, переобогащённых топливом, а в некоторых случаях – в стехиометрических смесях. Переходу к детонации способствуют препятствия на пути распространения пламени, вызывающие турбулизацию (предметы, строения).

Сферическая детонационная волна может возникнуть и непосредственно в ГПВС, если размер облака превышает некоторое критическое значение. Для некоторых веществ эти значения приведены в таблице 13.1 и в пределах концентраций, указанных в таблице 13.2 [4].

Таблица 13.1

Минимальная энергия инициирования взрыва ГПВС (наиболее чувствительных к детонации смесей с объемной концентрацией топлива, % об.) и минимальные диаметры облака (d_{\min}), способного детонировать (по М. Нетлетону) [4]

Горючий компонент	конц., % об.	E_{\min} , Дж	d_{\min} , м
Ацетилен	12,5	$1,3 \cdot 10^2$	3,12
Водород	29,6	$4,2 \cdot 10^6$	109,6
Пропан	5,7	$2,5 \cdot 10^6$	85,8
Пропилен	6,6	$7,6 \cdot 10^5$	58,5
Этан	5,7	$5,1 \cdot 10^6$	109,6
Этилен	9,5	$1,2 \cdot 10^5$	31,2
Метан	12,3	$2,3 \cdot 10^8$	398,0

Таблица 13.2

Концентрационные (% об.) пределы детонации и воспламенения (дефлаграции) ГПВС в неограниченном пространстве и в замкнутых объемах (по М. Нетлетону; Андрееву К.К., Беляеву А.Ф.) [4]

Горючий компонент	Детонация				Воспламенение	
	неогран. пространство		замкнутый объем		нижн.	верхн.
	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.		
Ацетилен			4,2	50,0	2,5	80,0
Бутан	2,5	5,2	1,98	6,18	1,8	8,4
Водород			18,3	58,9	4,0	75,0
Пропан	3,0	7,0	2,57	7,37	2,1	9,5
Пропилен	3,5	8,5	3,55	10,40	2,4	11,0
Этан	4,0	9,2	2,87	12,2	3,0	12,4
Этилен			3,32	14,7	2,7	36,0
Бензол			1,6	5,55	1,3	7,9
Ксилол					1,1	6,4
Циклогексан					0,57	7,8
Метан					5,0	15,0
Аммиак					15,5	27,0
Оксид углерода					12,5	74,2
Сероводород					4,3	45,5

Взрывы пылей

Взрывы пылевоздушных смесей (аэрозолей) происходят преимущественно в ограниченном пространстве – в помещениях зданий, внутри технологического оборудования, в штольнях шахт. Достаточно часты взрывы мучной пыли в мукомольных производствах, на зерновых элеваторах, взрывы угольной пыли, взрывы пылей в текстильном производстве, при переработке пищевых продуктов, изготовлении лекарственных препаратов, пластмасс и т.д.

Взрывы пылей происходят в основном по дефлаграционному механизму (взрывное горение). Переход к детонации возможен в длинных штольнях шахт, на конвейерных линиях зернохранилищ большой протяженности за счет турбулизации пыли. Возникновение облаков аэрозолей из осевшей ранее пыли (аэрогеля), их воспламенение и взрыв могут быть инициированы слабым взрывом какой-либо газовой смеси, например, взрывом метана в шахтах [4].

Подробнее об этом – см. ниже, раздел 13.11.

Взрывы продуктов неполного сгорания веществ и материалов

Взрывы продуктов неполного сгорания и распространение горения по продуктам неполного сгорания – достаточно распространенное для пожаров явление. Термическое разложение веществ и материалов в условиях недостатка воздуха, горение в помещениях в условиях ограниченной вентиляции приводит к образованию газообразных продуктов неполного сгорания (оксид углерода, альдегиды и др.). Такая фаза (включая мелкодисперсные твердые частицы дыма) способна распространять горение («пробежка пламени»), а также взрываться («обратная тяга», она же «эффект сауны»).

Подробнее об этом – см. ниже, раздел 13.12.

Прочие виды взрывов

Ядерные взрывы. При ядерных взрывах высокое давление создается огромным количеством тепла, выделяющимся в результате деления или синтеза ядер атома.

В данном издании они не рассматриваются.

Электрические взрывы. Мощные электрические дуги могут выделять достаточно тепла для взрыва. Быстрое нагревание окружающих газов может привести к физическому (механическому) взрыву, который, в свою очередь, может привести к пожару. Результатом электрического взрыва является, в частности, звук грома, сопровождающий молнию.

Электрические взрывы достаточно редки, возможны на трансформаторных подстанциях и подобных высоковольтных установках.

13.2. Действие взрыва

- Фугасное действие
- Бризантное действие
- Осколочное действие
- Тепловое действие
- Сейсмический эффект
- Понятия «очаговых» и «неочаговых» взрывов

Фугасное действие

Фугасное действие взрыва обуславливается действием воздушной ударной волны. Действие ударной волны характеризуется избыточным давлением на фронте волны и импульсом фазы сжатия, под которым понимается произведение давления на время его действия (точнее – интеграл от избыточного давления по времени) [3]. Фугасное действие воздушной волны может проявляться в открытых (не ограниченных) и замкнутых (ограниченных) объемах. Результатом ее действия являются разрушения различных сооружений и конструкций, находящихся на определенном расстоянии от его источника.

При взрывах конденсированных ВВ на образование ударной волны расходуется практически вся энергия взрыва (более 90%). При взрывах газо-паро-воздушных смесей отношение энергии

воздушной ударной волны к теплоте сгорания смеси составляет около 40%. Остальная часть энергии остается в нагретых продуктах взрыва и частично разогретом ударной волной воздухе.

Доля энергии, перешедшей в ударную волну при дефлаграции, меньше, чем при детонации. Так, для видимой скорости горения парового облака порядка 200 м/с она составляет около 30% [3, 5].

Повреждения при взрыве, обусловленные избыточным давлением ударной волны, характеризуются данными, приведёнными в таблице 13.3.

Таблица 13.3

Повреждения ударной волной при взрыве [3, 5, 12]

№	Избыточное давление ударной волны, кПа	Характер повреждения
1	2	3
1	0,1	Раздражающий звук (137 децибел) с низкой частотой
2	0,2	Случающаяся иногда поломка больших стёкол в окнах в результате деформации
3	0,3 0,5	Громкий звук (143 децибела); повреждение стёкол; 5%-ное разрушение остекления
4	1,1	Типичное давление, вызывающее повреждение стёкол
5	2,1	«Безопасная дистанция» (более низкое давление не вызывает серьёзных повреждений). Некоторые повреждения обшивки домов; Разрушение до 10% оконных стёкол
6	2,8	Незначительные повреждения конструкций
7	4,0	90%-ное разрушение остекления, иногда повреждение оконных рам
8	5,0	Незначительные повреждения конструкций домов
9	7,2	Частичное повреждение домов до состояния, при котором проживание в них становится невозможным
10	8,5	Разрушение асбоцементного шифера. Гофрированные стальные и алюминиевые панели ослабевают в креплении и подвергаются изгибу. Деревянные панели не только ослабевают в креплении, но и разлетаются
11	9,2	Стальные конструкции здания слегка искривляются
12	14,2	Частичное разрушение стен и кровли домов
13	14,2-21,4	Разрушаются не укрепленные стены из бетона и шлаковых блоков
14	16,4	Нижний предел серьёзных повреждений конструкций
15	17,8	50%-ное разрушение кирпичной кладки здания
16	21,4	Тяжёлые машины (до 1,35 т) в промышленных зданиях подвергаются небольшим повреждениям. Стальные конструкции зданий изгибаются и выдёргиваются их основания
17	21,4-28,5	Разрушение бескаркасных сооружений, склепанных из стальных панелей. Разрушение танков – масляных хранилищ
18	28,5	Отрыв покрытий лёгких промышленных зданий
19	35,6	Растрескивание деревянных столбов (телеграфных и др.). Слегка повреждаются высокие гидравлические прессы (весом 1,8 т)
20	35,6-49,9	Почти полное разрушение домов
21	49,9	Перевертывание тяжело гружёных ж/д. вагонов
22	49,9-57,0	Кирпичные стены (200-300 мм), не укрепленные, теряют прочность в результате сдвига или изгиба
23	64,1	Тяжёлые грузовые ж/д. вагоны полностью разрушаются
24	70,0	Разрушение более 75% внутренней кирпичной кладки зданий
25	71,2	Возможно общее разрушение зданий. Тяжёлые (более 3 т) машины и станки передвигаются и очень сильно повреждаются. Очень тяжёлые (более 5 т) машины и станки сохраняются

В качестве комментария к данной таблице заметим, что приведенные в ней цифры весьма относительны, и могут использоваться в экспертных исследованиях только как сугубо ориентировочные. Так, например, возможность разрушения оконного остекления и окон в целом существенно зависит от их конструкции, размеров, толщины стекла, качества изготовления. В [8] отмечается, что плохо застекленные окна разрушаются при давлении 7,1 кПа, тогда как хорошо застекленные не разрушаются даже при достижении давления в 14 кПа.

Современные стеклопакеты выдерживают гораздо большие нагрузки, чем обычные окна. Были пожары, сопровождавшиеся вспышками в помещении, при которых стеклопакеты вместе с рамами вырывало из стенки дома и выбрасывало наружу; при этом стекла оставались целыми.

Влияние природы горючего вещества на величину давления взрыва

В одинаковых условиях взрывы различных по природе горючих паров и газов обеспечивают различное термобарическое воздействие и, соответственно, различные повреждения ударной волной.

Известно, что наибольший уровень давления взрыва обеспечивают смеси на основе водорода. Менее опасны в данном случае смеси на основе этана, пропана, бутана. Наименьшее давление взрыва (при прочих равных условиях) обеспечивают, как отмечается в [65], смеси метана с воздухом

Хлористый винил по уровню опасности сравним с этиленом.

Некоторые вещества, лишь условно относимые к горючим, могут приводить к опасным взрывам. В частности, аммиак, широко используемый в промышленных холодильных установках, горит очень медленно, но в условиях замкнутого пространства взрывоопасен [14,65].

Классификация прочих горючих паров и газов по подгруппам взрывоопасности приведена ниже, в разделе 13.3 (табл. 13.4).

На степень повреждений влияют конструктивные особенности зданий и рельефа местности. Следует также учитывать, что при отражении ударной волны, взаимодействии её с преградами или другой волной ударное действие существенно увеличивается (см. ниже). Большие повреждения наблюдаются в наиболее прочных и герметичных зданиях, на конструкциях, находящихся на пути распространения ударной волны.

Отличаются друг от друга по последствиям взрывы в замкнутых объёмах и на открытом пространстве.

Взрывы в замкнутых объёмах

Существуют два отчётливо выраженных предельных случая для взрывов горючих газов, паров и пылей в замкнутых объёмах [5].

1) Если отношение длины к диаметру данного объёма (L/D) ~ 1 и если пространство не слишком загромождено оборудованием, перегородками и т.п., то после загорания газов и паров происходит просто дефлаграционное горение. Скорость повышения давления в этом случае невелика и в первую очередь будут разрушаться наименее прочные детали (окна, двери, и др.) В случае однородной по прочности конструкции здания подъём крыши и разрушение всех стен здания произойдут одновременно. В остальных помещениях, подобных трюму корабля или котлу, оболочка будет стремиться принять сферическую форму до тех пор, пока разрыв не даст выход продуктам сгорания.

В рассматриваемом случае взрывная волна является слабой. Наблюдаемое, тем не менее разрушение зданий, сооружений, котлов и т.д. объясняется тем, что они не являются очень прочными сооружениями и разрушаются или повреждаются при низком избыточном давлении (от 7 до 70 кПа).

2) Если замкнутый объём имеет большое отношение L/D или в нём содержится ряд препятствий (например, крупное оборудование, внутренние перегородки) то возникающие взрывы отвечают другому предельному случаю. При загорании расширяющиеся продукты сгорания вызывают движение газа перед фронтом пламени и тем самым генерируют турбулентность и крупномасштабные

вихри в местах контакта потока с препятствиями. Это в свою очередь способствует быстрому увеличению эффективной поверхности пламени, росту давления и усилению взаимодействия пламени с образующимися вихрями. Процесс может привести к детонации газовой фазы в некоторых частях объёма. В областях детонации внутренне давление может достигнуть $\sim 1,5$ МПа за промежуток времени менее 1 мс и вызвать сильные локальные разрушения. Следует отметить, что *максимальные разрушения наблюдаются не в точке загорания, а на наиболее удалённом от неё участке ограничивающего объёма.*

В рассматриваемом случае происходящие взрывы создают сильные взрывные волны, сообщают высокую скорость осколкам и вызывают более серьёзные повреждения окружающих объектов, чем простые взрывы за счёт избыточного давления [5, 13].

Взрывы на открытых пространствах

Взрывы облаков горючих паров и газов являются результатом выхода в атмосферу газа, пара или выброса мелкодисперсной жидкости (аэрозоля) с образованием облака в пределах взрывоопасных концентраций и последующего его зажигания.

В литературе это явление также называется «взрывом неограниченного облака паров» [2].

Взрывы облаков паров вне помещений обычно происходят на обогатительных фабриках, в местах хранения горючих жидкостей или горючих газов или в транспортных средствах большого размера (например, железнодорожные цистерны). Классическим примером такого взрыва является взрыв циклогексана в 1974 году во Фликсборо, Англия [2, 5].

В России подобный по механизму и тяжести последствий инцидент произошел в 80-х годах прошлого века под Уфой, когда взрывоопасное облако образовалось в результате разрыва магистрального газопровода. Взрыв произошел во время прохождения через зону образовавшегося облака скорого поезда и привел к массовым человеческим жертвам.

Другой случай имел место в начале 90-х годов под Белгородом, когда 2 пассажирских состава сгорели в результате воспламенения облака паров изопентана, выливавшегося из разрушенной железнодорожной цистерны (см. далее).

Для взрыва в условиях частичного ограничения пространства требуется наличие критической массы порядка нескольких тонн углеводородов, тогда как для взрыва в неограниченном пространстве – порядка нескольких сотен тонн углеводородов [4].

Считается, что масштабы возможных разрушений при взрывах парогазовых сред в помещениях в 3–5 раз превышают тяжесть последствий на открытых установках [5].

Эффект воздействия фронта ударной волны взрыва

Газы, выделяющиеся при взрыве, и воздух, приводимый в движение газами, образуют фронт давления, который, передвигаясь, в первую очередь и вызывает разрушения.

Фронт давления взрыва состоит из двух разных фаз волн. Это фазы положительного (позитивного) давления и отрицательного (негативного) давления [2] или, как их еще называют ударной волны и волны разряжения [65].

Типичная схема давления при идеальном случае детонации показана на рис. 13.2 и состоит из позитивной и негативной фазы. Зона под кривой давления-времени называется «импульсом» взрыва [1].

Фаза позитивного давления (ударная волна). Фаза позитивного (положительного) давления – это та часть фронта давления взрыва, в которой расширяющиеся газы движутся от точки взрыва. Позитивная фаза, как правило, более мощная и причиняет большую часть разрушений.

Фаза негативного давления (волны разряжения). Очень быстрое передвижение взрывной от места взрыва смещает, сжимает и нагревает воздух. В эпицентре создается низкое давление (разряжение) воздуха и когда фаза позитивного давления заканчивается, воздух возвращается обратно в зону эпицентра, чтобы уравнять давление, создавая, таким образом, фазу негативного давления.

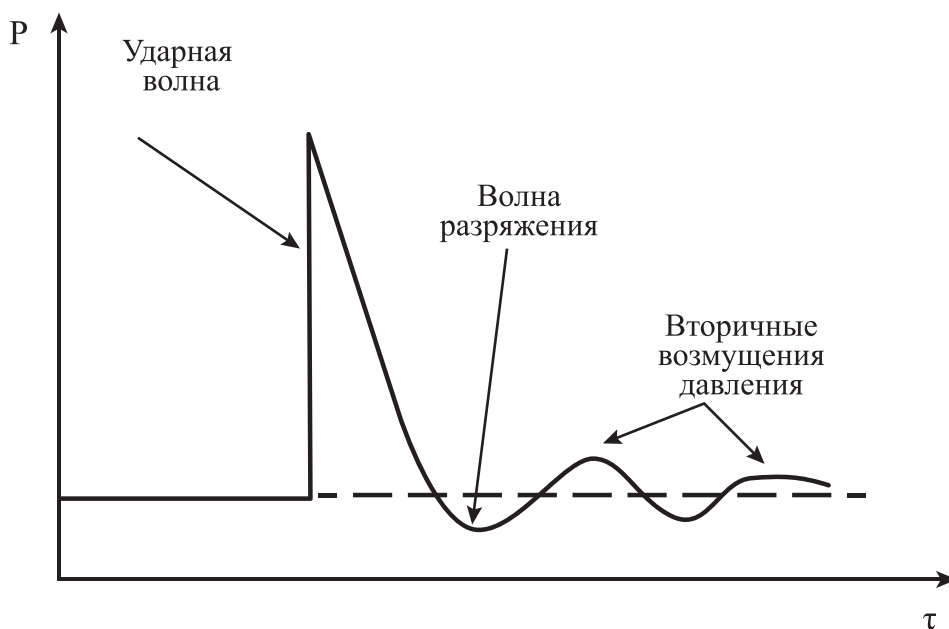


Рис. 13.2. Взрывной волновой пакет при взрыве в открытом пространстве [65]

Фаза негативного давления обычно гораздо меньшей силы, чем фаза положительного давления, но время ее воздействия может быть существенно более длительным. Этого может быть достаточно для того, чтобы причинить дополнительные разрушения или привести к полному разрушению строения, которое уже было ослаблено при фазе позитивного давления. Мешает фаза отрицательного давления и экспертному исследованию места взрыва, поскольку искажает первоначальную картину взрыва, передвигая обломки конструкций, предметы.

Последствия воздействия фазы отрицательного давления особенно выражены при вспышках (взрывах) ГПВС. Такие последствия часто рассматриваются как один из квалификационных признаков этих взрывов (см. далее, раздел 13.12).

В военной сфере подобные эффекты проявляются при взрывах объемно-детонирующих систем (так называемых «вакуумных» бомб).

Форма и направление движения фронта ударной волны. При идеальных условиях (теоретически) форма фронта взрыва должна быть сферической. Он должен распространяться одинаково во всех направлениях от эпицентра. В реальных условиях направление взрывной волны может меняться в зависимости от ряда факторов.

Так, например, отверстия в емкости или оконные, дверные проемы в строении могут способствовать выходу взрывной волны наружу и разрушениям за пределами емкости или строения.

Ударная волна может также отражаться от твердых препятствий и менять направление, увеличивая или уменьшая давление в зависимости от характеристик препятствия. После того, как топливо будет израсходовано, сила фронта давления расширяющегося взрыва будет уменьшаться с увеличением расстояния от эпицентра взрыва [3].

Для обеспечения локального направленного действия взрывной волны существуют кумулятивные заряды, применяемые, например, при проведении горных работ.

Скорость нарастания давления при взрыве

Разрушения, возникающие под действием ударной волны, зависят не только от полного количества энергии, выделяющейся при взрыве и максимального давления взрыва, но и, в значительной степени, от скорости нарастания давления при взрыве. Не случайно этот параметр входит в перечень показателей, характеризующих пожаро- и взрывоопасность газов, жидкостей и пылей [14].

Относительно медленный подъем давления создает «эффект толкания», наблюдаемый при разрушениях малой силы. Более слабые части ограждающих конструкций, такие, как окна и швы, будут повреждены в первую очередь. За счет их разрушения происходит сброс давления взрыва и уменьшается его разрушительное действие.

При взрывах, при которых давление повышается очень быстро, может оказаться недостаточно времени, чтобы успел проявиться эффект сброса давления за счет отверстий, проёмов и т.д. Разрушения ограничивающей емкости или ограждающих конструкций здания (помещения), будут в этом случае гораздо больше. Обломки конструкций и предметов будут отброшены на большие расстояния.

Бризантное действие взрыва

Бризантное (дробящее) действие проявляется только у **конденсированных ВВ** на расстоянии 3-4 радиуса заряда. В результате бризантного действия образуются сколы, воронки, локальные пробои на стенах за счет непосредственного действия продуктов взрыва. *Для ГПВС такое действие не характерно вообще [15-17].*

Материалов, выдерживающих бризантное действие взрыва, в природе не существует, поэтому следы бризантного действия конденсированных ВВ, как правило, проявляются и могут быть зафиксированы в процессе осмотра места пожара (взрыва).

Осколочное действие

Осколочное действие взрывов иногда называют «эффектом шрапнели». Когда контейнеры, резервуары или иные объекты, содержащие или ограничивающие фронт движения взрывной волны, разрушаются, они часто образуют куски (фрагменты), которые могут разлетаться на очень большие расстояния. Эти куски и называются «шрапнелью». Осколки могут причинить большие разрушения и телесные повреждения на очень большом расстоянии от места взрыва. К тому же шрапнель может повредить линии электропередач, газопроводы и другие пожароопасные объекты, тем самым, приводя к пожарам или дополнительным взрывам.

Разлёт осколков при взрыве часто дополняется метанием плохо закреплённых объектов.

Если источником взрыва является заряд мощного конденсированного ВВ, то при разрушении контейнера или оболочки образуется множество мелких осколков, разлетающихся со скоростями до нескольких километров в секунду [13]. При взрывах же сосудов под давлением, ёмкостей с горючими газами и жидкостями может образоваться всего 1-2 первичных осколка. Осколки этого типа являются телами плохообтекаемой формы, они ускоряются при взрыве лишь до скорости порядка сотен метров в секунду. Таким образом, взрывы конденсированных ВВ обладают гораздо более выраженным осколочным действием и гораздо более опасны с точки зрения образования осколков (фрагментации), чем взрыв парового облака.

Дистанция, на которую разлетаются осколки, сильно зависит от их первоначального направления. Другими факторами являются вес и аэродинамические характеристики. Реальные расстояния, которые могут пролететь эти шрапнели, сильно зависят от аэродинамических условий и рикошета.

Тепловое действие

На всех химических взрывах выделяется большое количество тепла, которое нагревает газообразные продукты сгорания и окружающий воздух до высокой температуры. Тепловое воздействие взрыва может привести к загоранию находящиеся поблизости горючих веществ и материалов или вызвать ожоги у людей и животных.

Характер и глубина термических повреждений зависят от природы горючего вещества, участвующего во взрыве так же, как и от длительности воздействия максимальной температуры. Детонирующие взрывы обеспечивают воздействие очень высоких температур в весьма ограниченное время, в то время как дефлаграционные взрывы дают более низкие температуры, но на гораздо большие периоды времени [2].

Тепловое действие взрыва наиболее выражено при взрывах паро-газо-воздушных смесей и в значительно меньшей степени – при взрывах конденсированных ВВ.

Тепловое воздействие взрыва могут дополнять «огненные шары» и различные твердые горящие фрагменты. Огненные шары могут возникать на мгновение во время или после взрыва ПГВС и сопровождаются тепловым излучением высокой интенсивности. Они, а также горящие фрагменты материалов, конструкций, отдельных изделий, разлетающиеся от места взрыва, могут служить причиной возникновения пожаров на значительном расстоянии от собственно центра взрыва.

Сейсмический эффект

Когда движется взрывная ударная волна и части разрушенных строений падают на землю, по почве могут распространяться значительные сейсмические или земляные колебания. Эти сейсмические эффекты, которыми можно пренебречь при взрывах малой мощности, при сильных взрывах могут приводить к дополнительным разрушениям зданий и подземных сооружений, трубопроводов, цистерн и кабелей [2].

Понятия «очаговых» и «неочаговых» взрывов

Выше, в разделе 13.1, взрывы по природе своей были разделены на физические, химические, ядерные и др.

Существует, однако, и их деление в соответствии с *характером возникающих разрушений* – по этому принципу взрывы делят на очаговые и неочаговые [2, 12]. С точки зрения применения при исследовании и экспертизе пожаров, усвоение этих понятий, безусловно полезно, т.к. позволяет по наличию или отсутствию разрушений в центре взрыва и характеру этих разрушений, очертить круг возможных причин взрыва.

«Очаговые взрывы»

«Очаговыми» называют взрывы, при которых на окружающих конструкциях и предметах четко формируется так называемый «очаг взрыва». Это может быть кратер или иная зона экстремально больших повреждений, расположенная в точке возникновения (центре) взрыва.

«Очаги» могут быть любого размера в зависимости от материалов, участвующих во взрыве. Обычно они находятся в пределах от нескольких сантиметров до нескольких метров в диаметре и представляют собой ясно различимый кратер в измельченной почве, материале или конструкции, вокруг него – менее поврежденные зоны. Выброшенный из кратера материал может быть и большими камнями, кусками материала, и мелкой пылью.

Только определенные виды «горючего» специфического типа или конфигурации могут производить «очаговые» взрывы. В основном это *конденсированные взрывчатые вещества (ВВ)*, а, кроме того, паровые котлы; горючие газы или пары горючей жидкости, находящиеся в прочной емкости; BLEVE, происходящие в относительно малых емкостях, таких как консервные банки и т.п. [2, 12].

Взрыв котла и иных емкостей под давлением часто формирует признаки «очагового» взрыва из-за своей высокой энергии, высокой скорости высвобождения давления и ограниченного района возникновения.

Горючие газы или воспламеняемые пары жидкости, будучи заключенными в ограничивающие емкости (бочки или небольшие цистерны) небольшого размера, также могут производить «очаговые» взрывы.

Взрыв расширяющихся паров кипящей жидкости производит «очаговый» взрыв, если ограничивающая емкость (бочка или небольшая цистерна) имеет малые размеры, и скорость высвобождения энергии при разрыве емкости достаточно велика [2].

«Неочаговые» взрывы

Неочаговые взрывы происходят чаще всего, когда топливо (горючее вещество) рассеяно во время взрыва в воздухе. Взрыв в этом случае обычно имеет характер дефлаграционного горения.

Отмечается, правда, что при определенных условиях неочаговые взрывы могут возникать и при детонации [2].

Обычно же неочаговые взрывы обеспечивают:

- а) горючие газы;
- б) разлитые легковоспламеняющиеся и горючие жидкости;
- в) пыли;
- г) газообразные продукты неполного сгорания.

13.3. Особенности разрушений при взрывах газов и паров

Некоторые особенности разрушений при таких взрывах уже описаны выше. В частности, то, что они проявляют себя как неочаговые взрывы, имеющие выраженную фазу отрицательного давления, не обладающие бризантным и осколочным действием, но, наоборот, имеющие выраженное тепловое действие.

Нужно отметить, что взрывы ПГВС внутри помещений часто формируют мощные воздушные потоки в межквартирных и межкомнатных коридорах, проходах. Именно эти потоки, а не ударные волны, приводят, как отмечается в [6], к выбросу фрагментов строительных конструкций и предметов из здания. Хотя само первоначальное разрушение конструкций происходит под действием избыточного давления.

Возникают при этом и характерные разрушения, деформации. На рис. 13.3 показан остаточный прогиб оконной решетки после взрыва газа в квартире. Такое повреждение конструкции, по мнению [6], мог нанести только скоростной напор струи, истекающей из квартиры.

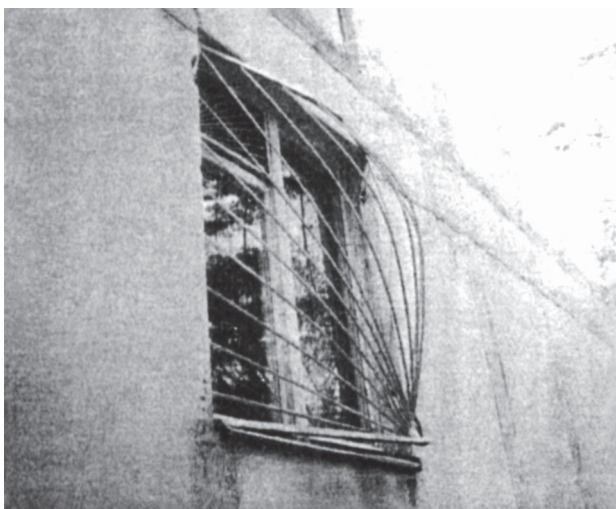


Рис. 13.3. Деформация оконной решетки после газового взрыва в квартире [6]

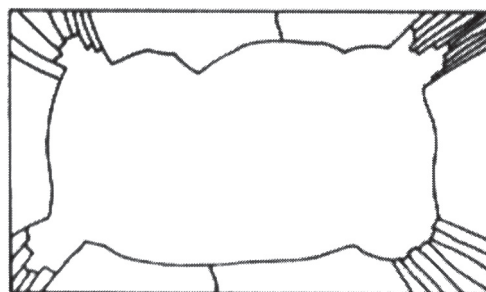


Рис. 13.4. Характерное разрушение оконного стекла при взрыве [82]

Оконные стекла при взрыве также имеют разрушения, отличные от тех, которые возникают при механическом ударе, а также при нагреве в ходе пожара или резком охлаждении при его тушении. Характерное разрушение стекла под действием давления взрыва показано на рис. 13.4.

Разрушения конструкций зданий могут быть локальными (ограничиваться объемом одного помещения, квартиры и т. д.) или более обширными, охватывающими несколько этажей и подъездов здания или здание в целом.

Процесс разрушения может проходить в несколько этапов. Характерным примером такого рода является взрыв газа в девятиэтажном жилом доме в г. Астрахани 27 февраля 2012 года. В результате взрыва сначала обрушились 3 нижних этажа здания, а через 5 минут рухнули конструкции вышерасположенных шести этажей (рис. 13.5).



а)



б)

Рис. 13.5 Этапы (а) и последствия (б) разрушения подъезда жилого здания (27.02.2012, г. Астрахань)

Характер и степень разрушения строений (малых и больших) при взрыве ПГВС зависит от разных факторов. В них входят химическая природа паров и газов, соотношение во взрывающейся смеси топлива и воздуха, плотность паров топлива, наличие или отсутствие эффекта турбулентности и его степень, объем занимаемого пространства, расположение и величина источника зажигания, наличие отверстий и прочность строения. Рассмотрим их более подробно.

1) Химическая природа паров и газов

Режим и последствия взрывов газовых и парогазовых смесей зависят, как уже отмечалось выше, от химической природы горючего вещества. В настоящее время вещества, по их склонности к возбуждению разрушительных взрывных процессов разделяют на 4 подгруппы, указанные в таблице 13.4.

Таблица 13.4

Подгруппы взрывоопасных паров и газов [65 по данным 70-73]

Подгруппа	Вещества
1. Особо чувствительные вещества	Ацетилен, винулацетилен, водород, гидразин, изопропилнитрат, метилацетилен, нитрометан, оксид этилена, оксид пропилена
2. Чувствительные вещества	Акрилонитрил, акролеин, бутан, бутилен, бутадиев, 1,3-пентадиен, пропан, пропилен, сероуглерод, этан, этилен; диметилловый, дивинилловый, метилбутиловый эфиры; широкая фракция легких углеводородов
3. Умеренно чувствительные вещества	Ацетальдегид, ацетон, бензин, винулацетат, винилхлорид, гексан, печной газ, изооктан, метиламин, метилацетат, октан, пиридин, сероводород; метиловый, этиловый, пропиловый, амиловый спирты.
4. Слабо чувствительные вещества	Аммиак, декан, дизельное топливо, дихлорбензол, додекан, керосин, метан, метилбензол, метилмеркаптан, метилхлорид, нафталин, оксид углерода, хлорбензол, фенол, этилбензол.

2) Соотношение воздуха и топлива

Взрывы, которые происходят в смесях при или около нижнего концентрационного предела взрыва (НКПВ) или верхнего предела взрыва (ВКПВ) газа или пара, менее сильны, чем те, которые происходят при оптимальной концентрации, т.е., около или чуть больше стехиометрической (см. выше в разделе 13.1 – «богатые» и «бедные» смеси).

Взрывы смесей возле нижнего предела (НКПВ) обычно не приводят к активному послевзрывному пожару, так как почти все горючее расходуется во время взрыва.

Взрывы смесей с концентрацией возле верхнего предела (ВКПВ), наоборот, часто приводят к активному горению после взрыва, так как эти смеси богаты топливом и сгорание оставшегося (не участвующего непосредственно во взрыве) топлива способствует развитию «послевзрывного» пожара. Часто избыток горючего, находящийся в зоне с концентрацией смеси выше верхнего предела, загорается только после того, как смешается с воздухом во время взрыва и сопровождающей его турбулизации атмосферы или во время фазы негативного давления. Это обеспечивает последующий пожар, а иногда и повторные взрывы.

Самый сильный взрыв почти всегда происходит в смесях с концентрацией немного выше или равной стехиометрической. Эти смеси лучше всего горят и, следовательно, имеют наибольшую скорость распространения пламени, скорость подъема давления, максимум давления. Соответственно, именно они причиняют наибольшие повреждения.

Изложенные выше сведения представляют определенный интерес ещё и с той точки зрения, что характер взрыва и горения после взрыва, характер возникших разрушений помещения взрывом, могут указывать на соотношение воздуха и топлива в смеси во время зажигания.

3) Плотность паров. Плотность газов или плотность паров топлива может значительно влиять на характер разрушений от взрыва. Это особенно верно в жилых помещениях и других строениях.

Газы и пары тяжелее воздуха (плотностью более 1,0), такие, как пропан-бутановая смесь (сжиженный бытовой газ), распространяются вниз; газы легче воздуха, такие как природный газ, водород, аммиак, поднимаются вверх и накапливаются сверху. Например, признаки горения после взрыва в «карманах» между потолочными перекрытиями могут скорее указывать на топливо легче воздуха, чем на газы или пары тяжелее воздуха. Из-за своей высокой летучести и стремления подниматься вверх, газы легче воздуха создают меньше опасных ситуаций, чем газы тяжелее воздуха, которые могут скапливаться в подвалах, колодцах и цистернах.

Из указанных выше закономерностей не следует, однако, делать слишком примитивных выводов. «Раньше считалось...» – пишется в [2] – «...что если стены сооружения были повреждены взрывом на уровне пола, горючий газ был тяжелее воздуха и наоборот, если стены повреждены на уровне потолка, газ был легче воздуха. Поскольку давление взрыва распространяется по комнате

со скоростью звука, стена испытывает давление по всей высоте. Уровень (степень) повреждений от взрыва будет зависеть от прочности конструктивных элементов стены, наименее прочные будут разрушены в первую очередь...».

4) Природа ограничивающего пространства и его заполнение

Природа емкости (помещения), ее размеры, форма, конструкция, объем, материалы и даже дизайн также сильно влияют на последствия действия взрыва.

Чем меньше объем емкости, тем выше скорость подъема давления и сильнее взрыв.

Взрыв в длинном, узком коридоре, наполненном горючей смесью паров и воздуха, при зажигании с одного конца будет сильно отличаться распределением давления, скоростью подъема давления и действием на ограждающие конструкции от взрыва в комнате в форме куба с тем же объемом смеси.

Во время взрыва турбуленция, вызванная препятствиями внутри ограничивающего сооружения, может увеличить повреждения. Турбуленция может быть вызвана твердыми препятствиями, такими как колонны или столбы, оборудование или стенные перегородки, которые могут концентрировать или отражать волну давления взрыва.

Принято качественно различать *несколько классов загроможденности пространств с горючей смесью* [65,71,72]:

Класс 1 (самый опасный) – сильно загроможденное пространство, характеризуемое наличием пучков длинных труб, местных сужений и расширений проходного сечения с избытком каверн, полостей;

Класс 2 – умеренно загроможденное пространство с полузамкнутыми объемами, высокой плотностью расстановки технологического оборудования, лесные массивы, множество повторяющихся препятствий;

Класс 3 – частично загроможденное пространство в виде отдельно стоящих крупномасштабных технологических установок, резервуарных парков, раздаточных эстакад;

Класс 4 – слабо загроможденное или свободное пространство в виде сельхозугодий, свободных дорог, водных поверхностей.

5) Расположение и энергия источника зажигания. Самый высокое давление взрыва будет, если источник зажигания расположен в центре ограничивающей структуры (емкости, помещения). Чем ближе будет источник к стене помещения, тем скорее фронт пламени достигнет стены и станет холоднее, передав тепло стенам. Результатом будет потеря энергии и, соответственно, снижение уровня подъема давления и менее сильный взрыв.

Энергия источника зажигания обычно имеет минимальное влияние на процесс и последствия взрыва. Исключением являются специальные источники зажигания, такие, как детонаторы, взрывные устройства и т. д. Они могут значительно увеличить скорость подъема давления и в некоторых случаях превращают дефлаграцию в детонацию.

6) Наличие отверстий. При взрывах газов, паров или пыли наличие отверстий в ограничивающей емкости или ограждающих конструкциях также будет иметь существенное влияние на характер повреждений. Например, стальная труба может разорваться в центре, если она достаточно длинная, несмотря на то, что она имеет отверстия с обоих концов. Количество, размер и расположение дверей и окон в комнате может определять, будет ли комната разрушена или будет только легкое движение стен и потолка.

Наличие отверстий в ограничивающей структуре может также привести к повреждениям снаружи помещения или иного объема, в котором произошел взрыв. Наибольших повреждений можно ожидать напротив отверстия. Например, фронт давления взрыва в комнате может пройти через дверной проем и повредить предметы или конструкции непосредственно на линии дверного проема в соседней комнате. Подобный эффект можно наблюдать и прямо по линии структурного

шва цистерны или бочки, которые разрываются в зоне шва, где были максимальные термические градиенты при сварке.

При детонации «эффект наличия отверстий» минимальный, так как скорость перемещения фронта давления взрыва слишком высока для того, чтобы давление сбрасывалось через отверстия [2].

Как известно, при внутреннем дефлаграционном взрыве ПГВС (а именно такие взрывы обычно исследуют пожарно-технические эксперты), избыточное давление в замкнутом объеме достигает 700–900 кПа. Однако максимальные давления, которые способны выдержать здания и сооружения, достаточно малы. Для кирпичных стен оно составляет 2–4 кПа, для типовых бетонных перекрытий – 8–10 кПа. Поэтому для снижения избыточного давления до безопасного уровня в помещениях используют так называемые предохранительные конструкции (ПК) – это, в частности, остекленные оконные проёмы и легкосбрасываемые конструкции. Если сбросной проем остеклен, то он в процессе взрывного горения вскрывается. В результате только часть первоначально имевшейся горючей смеси успевает прореагировать, остальная часть выбрасывается через проём в атмосферу [6].

В настоящее время проектирование зданий со взрывоопасными технологиями проводится в соответствии с рекомендациями СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания», где требуется на каждые 1000 м³ свободного объема помещения иметь не менее 50 м² освобождаемых сбросных проемов. При этом предполагается, что взрывные нагрузки не превысят 5 кПа и здание в определенной степени будет защищено от последствий взрыва [9].

При проектировании жилых зданий вопрос их взрывоустойчивости вообще не рассматривается, а площадь оконных проемов, выполняющих роль сбросных отверстий, определяется из норм освещенности. Никто не задумывается о дополнительной функции окон, в массовом порядке обычное остекление в городах заменяется стеклопакетами, которые значительно прочнее обычного стекла и не вскрываются при избыточном давлении в 1–2 кПа, как требуется по условиям взрывобезопасности. В результате последствия взрывов ПГВС в таких домах (прежде всего, взрывов бытового газа) резко ухудшаются.

Подробно эта проблема рассмотрена в работе [10] на примере взрыва бытового природного газа, произошедшего 29 июля 1998 года в жилом доме 54 по ул. Щербаковской г. Москвы.

В результате этого взрыва произошло обрушение части дома (с первого по девятый этаж), имелись человеческие жертвы. Взрыв произошел в результате того, что хозяин одной из квартир поставил на кухне на плиту варить креветки, ушел с кухни, а вернувшись туда через некоторое время и обнаружив, что пламя горелки погасло, попытался вторично зажечь ее. В этот момент и произошел взрыв.

Основными факторами, обусловившими столь сильные разрушения здания, явились, по мнению специалистов, два обстоятельства:

- неудачная конструкция дома;
- наличие в квартире в оконных проемах стеклопакетов, которые при ремонте были установлены взамен обычных оконных стекол.

В доме в качестве несущих элементов были использованы поперечные балки, заделанные в несущие кирпичные стены фасада и несущие стены между квартирой и межквартирным коридором. Под действием избыточного давления взрыва произошел прогиб несущих стен (рис. 13.5) вследствие чего началось выдергивание балок и обрушение комнат всех этажей, расположенных над квартирой, где произошел взрыв.

Важно также, что в квартире после так называемого, евроремонта в оконных проемах были установлены стеклопакеты. Они имеют 4–5 мм стекла, которые достаточно прочны и начинают разрушаться при избыточных давлениях не менее 4–6 кПа (в зависимости от размеров стекла), в то время как обычные 2–3 мм стекла разрушаются при давлении около 1,5 кПа. Поэтому при взрывах окна с таким остеклением не выполняют роль сбросных проемов, что приводит к резкому повышению взрывного давления.

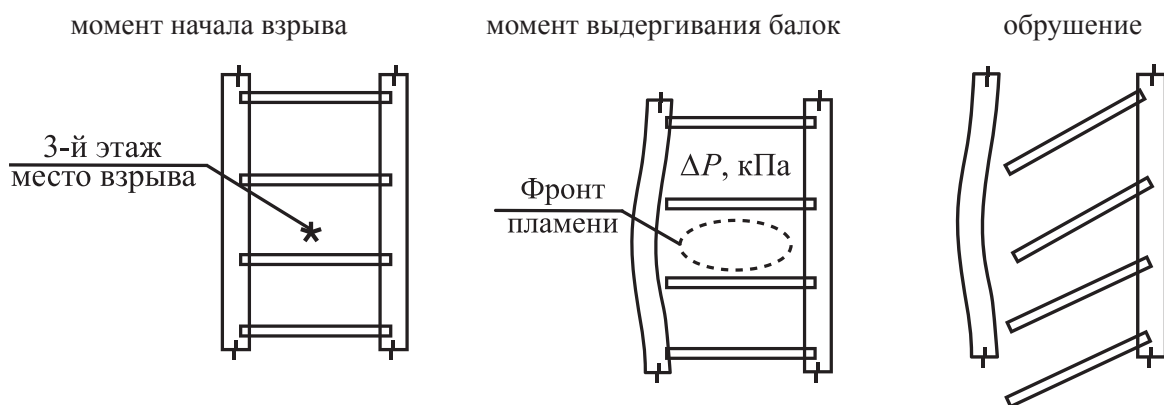


Рис.13.6. Стадии развития обрушения [10]

Расчеты, выполненные в работе [10], показали, что, например, при открытых окнах в аварийной квартире уровень взрывных нагрузок не превысил бы 1,0-3,0 кПа. В этом случае значительных повреждений, а, тем более, разрушения здания, не было бы.

При закрытых окнах, но обычном остеклении уровень взрывных нагрузок составил бы 4,5–5,5 кПа. Рост избыточного давления в этом случае обусловлен тем, что сброс давления в атмосферу начинается только после разрушения окон. При избыточном давлении 4,5–5,5 кПа разрушения дома также не наблюдалось бы. Имели бы место остаточные деформации в ограждающих конструкциях внешних стенах квартиры, была бы выбита входная дверь, поврежден лифт и т.д.

В данном же случае, при использовании стеклопакетов, избыточное давление взрыва, согласно расчетам, составило 12,0-15,0 кПа и здание подобных нагрузок не выдержало. Таким образом, совершенно пустяковый, на первый взгляд, фактор – тип остекления – оказал решающее влияние на последствия взрыва.

В то же время, бывают ситуации, когда наличие отверстия в замкнутом объеме, где произошел взрыв, не только не спасает ситуацию, а усугубляет ее. Это относится к ситуации, возникающей при утечке газа, когда загазованное помещение через проем сообщается с другим, незагазованным. В этом случае происходит двухстадийный взрыв. При этом максимальное давление в смежных помещениях может быть в несколько раз больше, чем при взрыве в одном изолированном помещении с проемами наружу [6]. Подробнее об этом – см. ниже.

7) Материал несущих конструкций здания. Необходимо отметить, что каркасные и монолитные здания более устойчивы к действию взрыва, нежели кирпичные. Вызвано это тем, что кирпичная кладка, обладая высокой несущей способностью в вертикальном (эксплуатационном) направлении, практически не сопротивляется, горизонтальным (взрывным) нагрузкам. Кроме того, кирпичные стены, как правило, являются несущими конструкциями и при их прогибе под действием взрывных нагрузок происходит потеря их устойчивости.

В каркасных и монолитных зданиях при аварийных взрывах возможен срыв стеновой панели, но здание в целом сохраняет большую устойчивость.

От перечисленных выше факторов зависит режим, в котором происходит взрывной процесс. Условно, по диапазонам скорости такие режимы разделяют на несколько типов [65]:

Режим 1. Детонация или горение со скоростью пламени более 500 м/с;

Режим 2. Дефлаграция со скоростью пламени 300-500 м/с;

Режим 3. Дефлаграция со скоростью пламени 200-300 м/с;

Режим 4. Дефлаграция со скоростью пламени 100-200 м/с;

Режим 5. Дефлаграция со скоростью пламени $V_D = KM_T^{1/6}$ (м/с) при параметре К от 35 до 43 м/с·т^{1/6} и массе горючего (в тоннах) в облаке M_T [78,66].

Режим 6. Медленная дефлаграция со скоростью $V_D = KM_T^{1/6}$ (м/с) при параметре К от 17 до 26 м/с·т^{1/6}

В [65, 71-73] отмечается, что режим горения (взрыва) может быть приближенно определен исходя из подгруппы вещества (табл. 13.4) и указанных выше классов загроможденности пространства. Соответствующие данные приведены в таблице 13.5.

Ими можно воспользоваться в ходе экспертных исследований для примерной оценки *характера и динамики* взрывного процесса.

Таблица 13.5

Режимы взрывного превращения [65]

Подгруппа вещества	Класс пространства 1	Класс пространства 2	Класс пространства 3	Класс пространства 4
1	режим 1	режим 1	режим 2	режим 3
2	режим 1	режим 2	режим 3	режим 4
3	режим 2	режим 3	режим 4	режим 5
4	режим 3	режим 4	режим 5	режим 6

13.4. Оценка повреждений и силы взрыва

- Качественная оценка
- Количественная оценка

Качественная оценка

Для качественной характеристики повреждений, причиненных взрывной волной, используют понятие 4-х степеней разрушения зданий и сооружений – полное, сильное, среднее и слабое.

При *полном* разрушении обрушивается большая часть стен, колонн и перекрытий. *Сильное* разрушение характеризуется частичным разрушением стен (колонн) и перекрытий. Легкие элементы (двери, перегородки, крыши) разрушаются полностью или частично.

При *среднем* разрушении основные ограждающие и несущие конструкции получают деформации (прогибы), а разрушаются в основном второстепенные конструкции и предметы.

Слабое разрушение соответствует повреждению или деформациям отдельных легких элементов ограждения (окна, двери, крыши домов) [18].

В пожарно-технической экспертизе эти термины можно применять для интегральной качественной оценки степени повреждения объекта взрывом. Однако такая интегральная (общая) оценка должна подкрепляться описанием и экспертной оценкой конкретных разрушений конкретных элементов.

В зарубежной литературе используются также термины «взрыв большой силы» и «взрыв малой силы» и, соответственно, «повреждения малой и большой силы» [2, 12].

Повреждения малой силы характеризуются выпячиванием стен или их вдавливанием. Крыши могут быть слегка приподняты и опущены в свое начальное положение. Окна могут быть раскрыты, часто стекла остаются целыми. Обломки обычно крупные и разбросаны на небольшие расстояния. Повреждения малой силы причиняются медленным подъемом давления.

При *повреждениях большой силы* строение разлетается на относительно мелкие фрагменты. Стены, крыша и элементы дома разваливаются, и здание разрушается полностью. Обломки разлетаются на большие расстояния, возможно на десятки и сотни метров. Повреждения большой силы являются результатом быстрого подъема давления.

Количественная оценка

Приблизительная (полуколичественная) оценка величины давления во взрывной волне может быть проведена по дальности разлета осколков остекления. Необходимая для этого диаграмма приведена на рис. 13.7. Видно, что уже при перепаде давления при взрыве в 5–20 кПа дальность разлета может достигать 10–30 м [81].

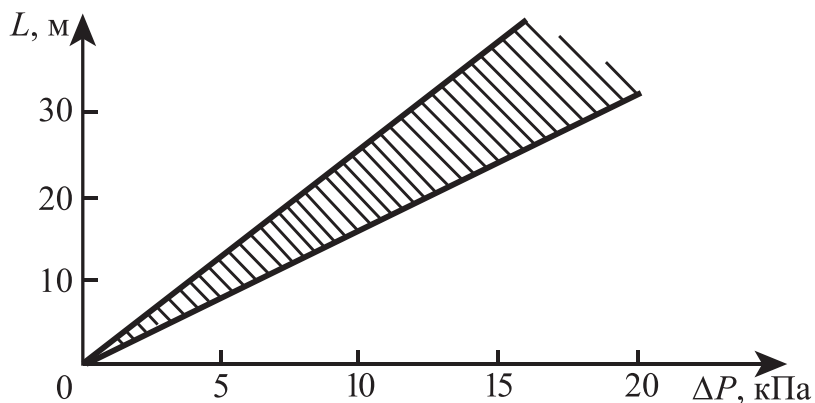


Рис. 13.7. Дальность разлета осколков остекления при действии взрыва (заштрихована зона разброса опытных данных) [81]

Количественную оценку силы взрыва принято также делать в так называемом **«тротиловом эквиваленте»**.

Тротильный эквивалент взрыва – суммарное количество энергии, выделившейся при взрыве ГПВС или иного вещества, отнесенное к теплоте взрывного превращения стандартного взрывного вещества – тротила (тринитротолуол, ТНТ).

Максимальный тротильный эквивалент ($m_{\text{ТНТ}}$, кг) рассчитывается по следующей формуле [5]:

$$m_{\text{ТНТ}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}}}{Q_{\text{ТНТ}}}, \quad (13.1)$$

где:

$Q_{\text{в}}$ – теплота сгорания заряда (горючей смеси), Дж/кг;

$m_{\text{в}}$ – масса взрывающегося вещества, кг;

$Q_{\text{ТНТ}}$ – теплота (энергия) взрыва ТНТ, Дж/кг;

$Q_{\text{ТНТ}} = 4180$ кДж/кг (в [5] – 4520 кДж/кг).

Отметим, что энергия, выделяющаяся при взрыве многих ТВС, значительно превосходит энергию взрыва эквивалентного количества ТНТ. Так, тротильный эквивалент пропана составляет:

$$46,0 \text{ МДж/кг} / 4,18 \text{ МДж/кг} = 11,0.$$

Такой способ количественной оценки позволяет оценить силу взрыва, указав, сколько килограммов ТНТ вызовут эквивалентное разрушение на таком же расстоянии от центра взрыва.

Нужно, однако, заметить, что подобный расчёт, хотя и распространён, даёт весьма приближённые (ориентировочные) результаты. В [5], например, отмечается, что замена волны произвольного источника взрывной волной ТНТ относительно верна лишь для химических высокоэнергетических ВВ. Менее надёжные результаты получаются при расчётах в зоне слабого взрыва (зона наиболее удалённая от источника взрыва) и для источников с низкой плотностью энерговыделения (газовые и паровые смеси).

13.5. Действие факторов взрыва на человека и животных

- Действие ударной волны
- Термическое действие взрыва
- Возможность использования данных о поражениях живых организмов в пожарно-технической экспертизе

Ранее, в разделе 13.2, отмечалось, что действие взрыва делится на фугасное, бризантное, осколочное, тепловое.

Для взрывов ТВС, которые интересуют нас в первую очередь, свойственно в основном фугасное и термическое действие. Поэтому в данном разделе рассмотрены повреждения, которые может нанести живому организму ударная волна (в том числе зависимости степени и глубины поражений от характеристик ударной волны) и термическое воздействие пламени и горячих газообразных продуктов горения.

Действие ударной волны

Считается, что ведущим компонентом, определяющим тяжесть травм при воздействии воздушной ударной волны на биологические объекты, *расположенные как в замкнутом, так и в открытом пространстве*, является **величина избыточного давления во фронте первичной ударной волны**. Отраженные от вертикальных и горизонтальных поверхностей вторичные ударные волны не приводят к существенным дополнительным контузионным повреждениям [11].

Между величиной избыточного давления во фронте ударной волны и тяжестью контузионной травмы существует корреляционная связь [11]. Указанное обстоятельство позволяет использовать избыточное давление ударной волны как основной критерий, определяющий тяжесть возникающих травм на различном удалении от центра взрыва. Соответствующие справочные данные приведены в таблице 13.6 [2].

В [5] указываются следующие величины избыточного давления (бар), приводящие к поражению человека (в скобках – пересчет в кПа):

- разрыв барабанных перепонок 2-2,3 (200-230) в возрасте до 20 лет и 1-1,3 (100-130) – старше 20 лет;
- тяжелая степень поражения легких – 1,33-2 (133-200);
- порог смертельного поражения – 2-3 (200-300);
- летальный исход в 50% случаев – 3,5-5 (350-500);
- безусловное смертельное поражение – 5-8 (500-800).

Интересен еще один момент. На опытах с животными установлено, что объем и выраженность контузионных поражений при взрыве, как в помещении, так и на свободном пространстве практически *не зависит от позы* («лежа у стены», «лежа в проходящей волне»), а определяется только удаленностью от эпицентра взрыва, и, соответственно, величиной избыточного давления во фронте первичной ударной волны [11]. Это ценно с экспертной точки зрения, т.к. позволяет не учитывать в расчетах позу пострадавшего, а руководствоваться только параметрами взрыва (сила, удаленность эпицентра от жертвы).

Хотя, нужно сказать, что существуют в литературе и иные мнения. Например, указывается, что *«степень повреждения человека во многом зависит от его положения в пространстве по отношению к фронту взрыва и его положения относительно отражающей поверхности. Наименьший риск поражения будет у тех, кто лежит на земле перпендикулярно направлению распространения ударной волны»* [5].

Наиболее чувствительные к воздействию воздушной ударной волны органы – это уши (барабанные перепонки, слуховые косточки) и легкие. Существует корреляционная зависимость между выраженностью повреждений (кровоизлияний) в легких и степенью тяжести травмы [11].

Таблица 13.6

**Критерии телесных повреждений от осколков стекла
и непосредственного эффекта избыточного давления [2]**

Избыточное давление, кПа	Повреждения
4	Порог повреждений для летящего стекла
7–14	Порог для рваных ран кожи от летящего стекла
10	Порог для множественных проколов кожи от летящего стекла (голая кожа)
14–21	Порог для серьезных повреждений от летящего стекла
16	Порог для повреждений барабанной перепонки
19	10% вероятность повреждения барабанной перепонки
21	Избыточное давление опрокинет человека на землю
28–35	Примерно 50% вероятность серьезных ран от стекла
40	Порог проникновения в кожу летящих осколков (голая кожа)
43	50% вероятность повреждений барабанной перепонки *
48–55	100% вероятность серьезных ран от стекла
69	Порог легочного повреждения
100	Порог смертности при прямом действии взрыва
110	50% повреждений барабанной перепонки*
120	10% вероятность смертности от прямого действия взрыва
140	50% вероятность смертности от прямого действия взрыва
175	90% вероятность смертности от прямого действия взрыва
200	99% вероятность смертности от прямого действия взрыва

*Противоречивые данные из разных литературных источников [2].

Механизм повреждения легких заключается во внезапной мощной компрессии легкого, заключенного в грудной клетке. Возникает чисто механическое (ударное) его повреждение и рефлекторное через вегетативную нервную систему. В результате могут возникать легочные кровотечения и отек легких, разрыв легких и т.д. Легкие при вскрытии часто имеют кровоизлияния по ходу ребер, так называемые «отпечатки ребер».

К другим последствиям относятся разрыв барабанной перепонки, повреждение среднего уха, гортани, трахеи, органов брюшной полости, нервных окончаний, спинного мозга и т.д.

Повреждающий эффект воздушной ударной волны, вызванной подрывом низкоплотного ВВ (ТВС), заметно выше по отношению к подрыву конденсированных ВВ. Это справедливо как для подрывов в свободном пространстве, так и в помещении [11]. Здесь может сказываться влияние отмеченного выше «вакуумного» эффекта.

Термическое действие взрыва

Термическое действие взрыва особенно сильно выражено, как отмечалось выше, при взрывах ТВС. Оно проявляется в ожогах разной степени тяжести как кожных покровов, так и внутренних органов. Данные поражения могут наносить как непосредственное воздействие пламени, так и тепловая радиация, а также горячие потоки воздуха и газообразных продуктов сгорания.

Биологические ткани чрезвычайно чувствительны к повышенным температурам. Принято считать, что опасным фактором пожара является превышение температуры окружающей среды выше 70 °С [19]. Понятно, что при взрыве и последующем горении она многократно превышает.

Возможность и степень поражения людей от действия тепловой радиации оценивают, в частности, по величине теплового потока и времени воздействия (так называемой «экспозиции»). В таблице 13.7 приведены данные, характеризующие зависимость степени поражения от указанных факторов.

Таблица 13.7

**Зависимость степени поражения людей
от теплового излучения пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ [86]**

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20–30 с. Ожог 1 степени через 15–20 с. Ожог 2 степени через 30–40 с. Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин.	7,0
Непереносимая боль через 3–5 с. Ожог 1 степени через 6–8 с. Ожог 2 степени через 12–16 с.	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12%), окрашенной масляной краской при 15 мин облучении	12,9

**Возможности использования данных о поражениях живых организмов
в пожарно-технической экспертизе**

Оценка поражений человека при пожаре и взрыве является, как известно, задачей судебно-медицинской экспертизы. Соответствующее заключение может попасть к пожарно-техническому эксперту, приобщенное, вместе с другими материалами, к уголовному делу. Возможно ли, и следует ли использовать содержащуюся там информацию для решения вопросов, поставленных на разрешение пожарно-технического эксперта?

Нужно отметить, что специальных серьезных исследований по данному вопросу не проводилось. Однако положительный ответ очевиден, ибо любые крохи информации, объективно и количественно характеризующие протекавшие на анализируемом пожаре процессы, ценны для эксперта.

Величина и характер разрушения конструкций здания в различных зонах служит ориентацией при определении центра взрыва, а оценка разрушений на определенных расстояниях от центра взрыва помогает оценить его силу. Аналогичным образом в ходе экспертного исследования могут быть, как дополнительная информация, использованы имеющиеся в деле данные о поражениях живых организмов.

С другой стороны, по характеру поражений можно примерно оценить, на каком расстоянии от центра взрыва находился пострадавший человек. И эта информация может быть использована, например, при анализе версий о причине пожара – как технических, связанных с работой или ремонтом какого-либо оборудования, так и криминальных, когда поджигатель или «взрывник» сам становится жертвой.

Характер поражений, распределение ожогов по телу также информативны – они помогают уточнить природу взрыва (физический или химический, ППГВС или конденсированное ВВ), а также его причину. Иногда – механизм возникновения и распространения горения (см. ниже, раздел 13.6 – пример взрыва газа в Приозерске).

Причина гибели человека (людей, животных) установленная судмедэкспертом, является важным моментом для решения вопроса о том, что первично – взрыв или пожар?

В любом случае имеющиеся в деле данные судмедэкспертизы должны «вписываться» в предлагаемую в итоге пожарно-техническим экспертом картину возникновения и развития горения. А имеющиеся «несстыковки» – объяснены.

13.6. Взрывы в результате утечки газа

- Утечки бытового газа (метана)
- Утечки пропан-бутановых смесей
- Некоторые особенности взрывов газа в жилых домах
- Некоторые аспекты выдвижения и отработки версии
- Взрыв газа в жилом доме г. Приозерска
- Утечки и взрывы ацетилена
- Утечки и прохождение горючих газов под землей

Чаще всего в экспертной практике возникают задачи, связанные с утечкой метана и пропан-бутановых смесей, которые применяются как в быту, так и на производстве.

Кроме указанных углеводородов, известны инциденты с водородом, ацетиленом, другими горючими газами. Происходили даже взрывы газа, выделяющегося при гниении органических веществ и материалов – подобные газы содержат метан и обычно сопровождающие его оксид углерода (СО), сероводород, аммиак [20].

В последнее время количество взрывов используемых в быту горючих газов резко возросло. Приведем перечень взрывов газа, произошедших только в период с 2011 по март 2012 года, который наглядно демонстрирует актуальность проблемы.

2.01.2011. Взрыв бытового газа в квартире дома в подмосковном городе Раменское. Пострадало 5 человек.

25.01.2011. Взрыв бытового газа в частном доме села Байрамаул (Дагестан). Пострадало 4 человека, дом частично разрушен.

26.01.2011. Селение Чечен-аул (Чеченская респ.) – в результате взрыва бытового газа пострадали 3 ребенка, один умер.

3.02.2011. В Екатеринбургe взрыв бытового газа на 1-м этаже 5-ти этажного жилого дома. Разрушено остекление, пострадавших нет.

15.03.2011. Взрыв бытового газа и пожар в квартире 2-х этажного жилого дома в Верховском районе Орловской области. Разрушено несколько квартир, сгорела и обрушилась кровля, пострадало 4 человека.

18.04.2011. Дзержинск (Нижегородская обл.). Взрыв бытового газа и пожар на 5-м этаже 6-этажного жилого дома. Пострадало 3 человека.

28.04.2011. Элиста (Республика Калмыкия). Взрыв бытового газа на 4-м этаже 5-этажного жилого дома. От взрыва пострадали 18 квартир на 3,4 и 5 этажах, частично разрушены перегородки, выбиты окна, двери. От ожогов пострадал хозяин квартиры, но масштабного пожара, что интересно, не возникло.

11.05.2011. Новосибирск. Взрыв газа на 4-м этаже пятиэтажного жилого дома. Погибло 2 человека, один пострадал. Взрыв разрушил межэтажные перекрытия между 3 и 4-м этажами.

17.05.2011. Новочебоксарск (Чувашия). В одной из квартир произошел взрыв бытового газа. Пострадал один человек. В результате взрыва выбиты окна и входные двери этой и соседних квартир.

30.05.2011. Хасавюрт (Дагестан). В частном доме произошел взрыв газа. Пострадал хозяин дома, в доме выбиты окна и двери.

31.05.2011 – в Тольятти (Самарская обл.) произошел взрыв бытового газа. В результате взрыва в доме выбиты стекла, два человека пострадали.

09.06.2011 – в Набережных Челнах (Татарстан) в кухне жилого дома произошел взрыв бытового газа, пострадали два человека.

15.06.2011 – в Москве взрыв бытового газа в квартире. Взрыв устроил хозяин квартиры, в результате которого из нескольких окон вылетели стекла. Мужчина с травмами и ожогами был госпитализирован.

26.06.2011 – в Москве в одной из квартир произошел взрыв газа с последующим пожаром двух квартир на 4-м этаже 9-этажного дома.

12.07.1011 – в Челябинске произошел взрыв бытового газа в 2-х комнатной квартире на 3-м этаже 5-этажного дома. В результате взрыва в квартире выбиты окна и сломана входная дверь, пострадал хозяин квартиры.

26.07.2011. В Челябинске в частном жилом доме в результате взрыва газа произошло обрушение кухни, засыпало хозяина, пострадавший мужчина был извлечен из-под завала.

03.09.2011. Лакинск (Владимирская обл.). Взрыв бытового газа в 2-х этажном кирпичном доме. Из-за взрыва межквартирные перегородки частично обрушились, пострадавших нет.

22.09.2011. Екатеринбург. Взрыв бытового газа в квартире на 9-м этаже 11-этажного дома. В результате взрыва повреждены межкомнатные перегородки трех квартир, произошло обрушение перекрытий между 9-м и 10-м этажами. Огнем повреждены две квартиры на 9-м этаже и одна квартира на 8-м этаже. Пострадали 6 человек, погиб хозяин квартиры, в которой произошел взрыв.

17.10.2011. В подмосковном городе Бронницы произошел взрыв бытового газа в жилом доме. Погибло 4 человека, госпитализировано трое. В результате взрыва произошло обрушение перекрытий в одном из подъездов между 3 и 4 этажами, обрушение наружных стен между 4 и 5 этажами, пожар в 6 квартирах.

13.11.2011 – в п. Шемышейка (Пензенская обл.) взорвался бытовой газ в двухэтажном жилом доме, два человека пострадали.

16.11.2011 – в п. Ивня (Белгородская обл.) в результате взрыва бытового газа 4-х квартирный жилой дом полностью разрушен, пострадавших и погибших нет.

22.11.2011. Ставрополь. В многоэтажном жилом доме произошел взрыв бытового газа, пострадали 5 человек, двое из них впоследствии скончались.

01.12.2011 – в п. Понтонный (Ленинградская обл.) произошел взрыв с последующим пожаром в частном жилом доме, никто не пострадал. Взрыв организовал психически больной мужчина.

21.12.2011 – в с. Гиляны (Чеченская респ.) в одном из жилых домов взорвался бытовой газ, пострадало 4 человека.

9.01.2012. Взрыв в итальянском ресторане «Il Pittore» на Юго-Западе Москвы. Две работницы заведения погибли, более 30 человек получили ранения. Взрыв произошел на кухне, где эксплуатировались газовые баллоны.

14.02.2012. Взрыв газового баллона в кафе «Белладжио» в Волгограде. Кафе расположено на 1 этаже 3-х этажного жилого дома. Ожоги получили более 20 человек. Площадь пожара составила 514 кв.м. Газовые баллоны использовались для дополнительного обогрева помещения кафе.

19.02.2012. Взрыв газового баллона в пекарне подмосковного посёлка Горки-25. Семь человек погибли, 6 получили травмы.

27.02.2012 – взрыв газа в девятиэтажном жилом доме в Астрахани. Обрушилось 9 этажей второго подъезда. Погибло 11 человек.

2.03.2012 – в ресторане китайской кухни «Харбин» в Санкт-Петербурге произошел взрыв газового баллона. Погибло 3 человека, пострадали 18 человек, помещение ресторана и выше расположенные помещения.

10.03.2012 – взрыв 50-литрового газового баллона произошел в магазине в Ступинском районе Московской области. В результате взрыва пострадали 5 человек.

11.03.2012 – в городе Энгельс Саратовской области взрыв газа в жилом доме, в трехкомнатной квартире пенсионера-инвалида. Погибли 5 человек, пострадали 11 человек.

Утечки бытового газа (метана)

Так называемый бытовой (природный) газ, подаваемый по стационарным газовым магистралям – это газ, добываемый на газовых, газоконденсатных, а также нефтяных месторождениях. Так называемые «сухие газы» чисто газовых месторождений в основном состоят из **метана** с небольшой (до 50 г/м³) примесью более тяжелых углеводородов. Так, например, газ крупнейшего, Ямбургского газового месторождения Тюменской области содержит 95,4% метана. Плотность сухих природных газов при 0 °С и атмосферном давлении 101,3 кПа бывает в пределах 0,6 – 0,8 кг/м³ низшая теплота

сгорания 33-40 МДж/м³. Нефтяные газы, используемые в газоснабжении гораздо реже, могут быть тяжелее воздуха. Кроме основного компонента (метана) они могут содержать более 150 г/м³ более тяжелых углеводородов; их теплота сгорания достигает 60 МДж/м³ [18].

Утечки бытового газа – достаточно распространенная причина возникновения взрывоопасных ситуаций в жилых домах.

Утечки газа происходят в основном тремя путями:

- через незажженую конфорку;
- через обрыв (частичный или полный) подводящего к стояку шланга или отрыв газовой плиты от стояка;
- в результате коррозии газовых коммуникаций или неплотности в системе газоснабжения.

Особенности взрывов и последствий взрывов бытового газа в жилых зданиях, изложены в серии работ А.А. Комарова [6, 10, 21, 22], очень интересных как с научной, так и практической (экспертной) точек зрения. Отдельные их положения будут приведены ниже.

Как известно, рабочее давление метана в газовой системе составляет около 100 мм вод.ст. (980 Па). При незажженной конфорке приток метана в помещение определяется расходом газа через эту конфорку, который составляет около 0,1 м³/ч. При неплотности в системе газоснабжения расход составляет около 0,19 м³·S, где S – площадь неплотности, мм².

Метан – легче воздуха, поэтому при утечке в пределах помещения он собирается в верхней его части и, по мере заполнения припотолочного пространства, зона пожаро-взрывоопасной концентрации опускается вниз.

В [6] приводится расчет распределения метана по пространству типовой кухни с минимальными габаритами 2,4х 2,1 м (площадь 5 м², объем 12,6 м³). В расчете принят минимальный коэффициент диффузии (0,0005 м²/с). Предположено, что дверь на кухню закрыта и отсутствует вентиляция, т.е. нет связи с внешней средой. Расход газа принят равным 0,4 м³/ч, что соответствует производительности четырех открытых газовых конфорок.

На рис.13.8 показан конечный результат расчета.

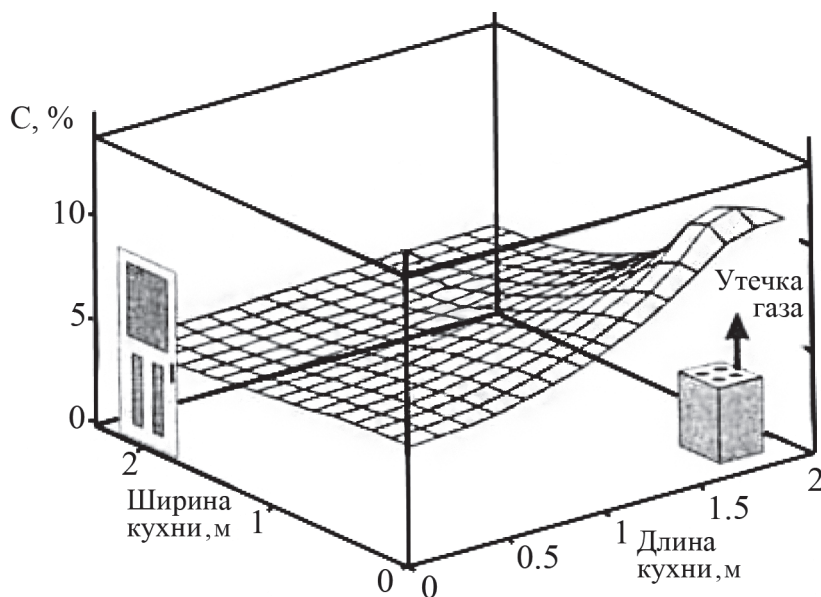


Рис.13.8. Распределение концентрации метана по помещению кухни через 2 часа после начала утечки. Вентиляция отсутствует. Дверь на кухню закрыта [6]

Как видно из рисунка, концентрация метана во всем объеме кухни превышает 5% (НКПР для метана), а над плитой вообще достигает 10%. Таким образом, в пределах кухни существует взрывоопасная концентрация смеси газа с воздухом и появление соответствующего источника зажигания может инициировать взрыв.

Будем, однако, иметь в виду, что рассмотрена самая «жесткая» ситуация – очень маленькая кухня, закрыты двери, не работает вентиляция, но открыты все 4 газовые конфорки. А что будет при несоблюдении хотя бы одного из этих условий? Если на кухне, где установлена газовая плита или колонка (или в ванной с той же газовой колонкой) не забиты вентканалы и исправно работает естественная вентиляция, то далеко не факт, что утечка газа, даже из полностью открытых кранов, приведет к взрыву.

В практике одного из авторов этой книги был случай, когда была назначена экспертиза по несостоявшемуся пожару. После ограбления квартиры и убийства хозяина преступник, чтобы замести следы, открыл на кухне все краны газовой плиты, а на полу поставил зажженную свечку, полагая, что произойдет взрыв. Но взрыва не произошло, утечку газа заметили соседи по запаху на лестничной площадке, открыли дверь, перекрыли краны. Следователь удивился, почему не произошел взрыв, и попросил разъяснить это эксперта в рамках соответствующего экспертного исследования. На месте происшествия анемометрами замерили скорости потока воздуха в вентканалах кухни и рядом расположенных ванны с туалетом, определили расход газа из открытых кранов. Последующий расчет показал, что даже при закрытых окнах, только за счет выхода через вентканалы и инфильтрацию через щели газ выходил из помещения кухни и зона взрывоопасных концентраций действительно не достигала уровня пола с находившемся на нем источником зажигания.

Современные научные публикации подтверждают результаты приведенного выше эксперимента, при этом отмечается масса нюансов, которые могут влиять на конечный результат – накопится ли при утечке газа взрывоопасная концентрация и произойдет ли взрыв.

Влияние вентиляции помещения

Совершенно очевидно, что вентиляция влияет на процесс формирования газоздушного облака.

Но оказывается, что вентиляционный расход существенно зависит от времени суток (!). Так, около 6–7 часов утра вентиляционный расход минимальный. Естественная вентиляция через вентканалы здания может в это время суток отсутствовать вообще или быть отрицательной (например, в период межсезонья, когда центральное отопление выключено). Далее происходит увеличение вентиляционного расхода. Максимальный расход наблюдается в 18–19 часов, после чего начинает снижаться. Циклическое изменение вентиляционного расхода в течение суток (рис. 13.9) может оказать значительное влияние на образование взрывоопасной смеси при малых значениях аварийного притока газа в помещение.

Наличие постоянной (даже незначительной) вентиляции резко снижает вероятность формирования взрывоопасных облаков в жилых помещениях. Известно, что минимальный вентиляционный расход в жилом помещении обычно составляет около 5 м³/ч. На рис. 13.8 приведены данные по изменению во времени концентрации метана в помещении кухни при различных его расходах. Величина расхода в 0,1 м³/ч соответствует производительности одной конфорки типовой газовой плиты. Видно, что взрывоопасная концентрация на кухне может реализоваться и при одной незажженной газовой конфорке. Но необходимое для этого время составляет от 10 до 25 часов (!).

При утечке метана менее 0,02 м³/ч формирование взрывоопасной смеси в жилом помещении исключено [6].

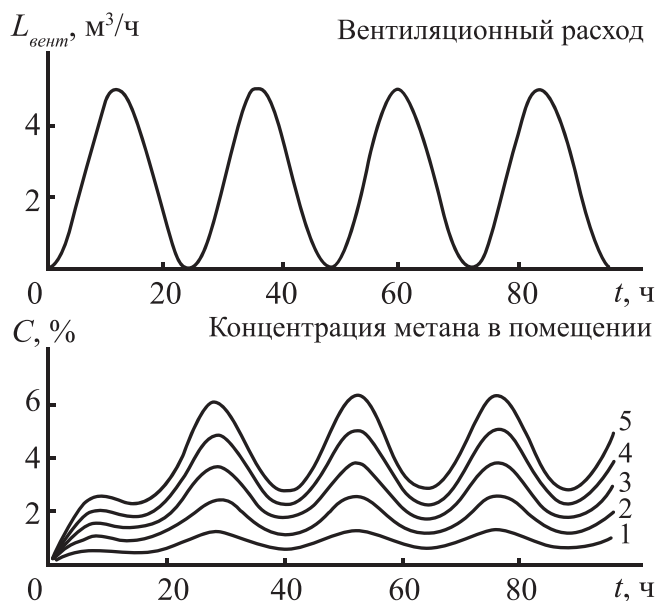


Рис. 13.9. Динамика изменения вентиляционного расхода и концентрации метана в помещении кухни при минимальной вентиляции и различных расходах метана. Дверь на кухне закрыта
 Расход метана: 1 – 0,02; 2 – 0,04; 3 – 0,06; 4 – 0,08; 5 – 0,1 м³/ч [6]

Утечки пропан-бутановых горючих смесей

Баллонный (сжиженный) бытовой газ производят на газобензиновых заводах выделением пропана, этана, бутана из газов нефтяных и газоконденсатных месторождений. Наиболее часто в качестве энергоносителей используются **пропанобутановые смеси**. Это объясняется их удобными физическими свойствами – находясь при обычных температуре и давлении в газообразном состоянии, они легко переходят в жидкое состояние при сравнительно небольшом сжатии. При 0°C пропан сжижается при давлении 0,47 МПа, бутан при 0,115 МПа, изобутан при 0,16 МПа [18].

Пропанобутановая смесь может применяться и для централизованного газоснабжения с газораспределительных станций небольших городов и поселков.

Согласно нормам, для газоснабжения используются сжиженные газы следующих марок – СПБТЗ (смесь пропана и бутана технических зимняя), СПБТЛ (смесь пропана и бутана технических летняя), БТ (бутан технический). Их характеристики приведены в таблице 13.8

Таблица 13.8

Характеристики сжиженных углеводородных газов, применяемых для газоснабжения [18]

Показатель	СПБТЗ	СПБТЛ	БТ
Сумма пропана и пропилена: не менее% масс.	75	нн	нн
Сумма бутанов и бутиленов: не менее% масс.	нн	-	60
не более% масс.	нн	60	-
Сумма метана, этана, этилена, не более% масс.	4	6	6
Жидкий остаток (по объему), не более% масс.	1	2	2
Давление насыщенных паров $P_{изб}$ МПа, при +45 °С не более	1,6	1,6	1,6
при – 45 °С не менее	0,16	-	-

нн – не нормируется.

Пропан, бутан и их смесь, в отличие от метана, тяжелее воздуха в 1,64 раза (плотность смеси 2 кг/м³). Поэтому смесь при утечке скапливается у земли, у пола и постепенно заполняет помещение снизу вверх. Смесь может спускаться («стекать») вниз, в ниже расположенные объемы.

Из экспертной практики известно несколько пожаров (в Москве, Санкт-Петербурге, Казани и др. городах), когда при работе по ремонту мягкой кровли на многоэтажных домах, при которых для расплавления битума применялись газовые горелки и баллоны с пропан-бутаном, происходила утечка последнего после завершения работ через плохо закрытые вентили. Газ «стекал» через вентиляционные отверстия, негерметичные трубы ливневой канализации на ниже расположенные этажи, в том числе, и в электрические щиты, где и происходила вспышка (взрыв).

Некоторые особенности взрывов газа в жилых домах

Аварийные взрывы газа внутри зданий и помещений обычно происходят по дефлаграционному, а не детонационному типу взрывного превращения. Т.е. происходит быстрое сгорание газозвушной смеси, концентрация горючего в которой находится между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени.

Ввиду того, что газопаровоздушные смеси способны к горению только при определенных концентрациях, взрывы в жилых зданиях часто носят *многостадийный характер*. Взрывные хлопки могут следовать один за другим, с интервалом в несколько секунд. Поэтому свидетели в своих показаниях могут говорить о том, что слышали один или несколько хлопков. Исключение составляют взрывы газовых баллонов в условиях пожара – время, необходимое для разогрева и разрыва баллона, составляет десятки секунд.

К особенностям дефлаграционных взрывов внутри помещений можно отнести и *формирование мощных воздушных потоков в межквартирных и межкомнатных проходах, коридорах и т.д.* А.А. Комаров [6] отмечает, что именно эти потоки, а вовсе не ударные волны приводят к выбросу строительных конструкций и предметов из квартиры, где произошел взрыв. Автор приводит фотографию оконной решетки после взрыва в квартире. Решетка полностью не сорвана, осталась на окне, но очень сильно деформирована наружу. Автор отмечает, что данное повреждение конструкции мог нанести только скоростной напор струи, истекающий из квартиры. При этом следует иметь в виду, что разрушение конструкций происходит под действием избыточного давления, а последующий их выброс – под действием скоростного напора.

Уровни взрывных нагрузок существенно зависят от множества факторов – объемно-планировочного решения помещения, сценария протекания аварийного взрыва, характера остекления окон квартиры, состояния межкомнатных дверей в момент взрыва.

Особо остановимся на влиянии дверей помещения на развитие и последствия взрыва.

Общеизвестно влияние «дверного фактора» на развитие и последствия пожара. Даже на крупных пожарах закрытая дверь в комнату, помещение препятствует (конечно, до определенных пределов) распространению туда горения и часто спасает помещение от выгорания, а находящихся там людей от гибели. Не менее существенно влияние этого фактора при взрыве ПГВС.

Если в момент первоначального взрыва на кухне дверь в коридор квартиры закрыта, то происходит «хлопок» и последующий незначительный по последствиям пожар на кухне. Это связано с тем, что переобогащенная смесь при первом «хлопке» будет выдавлена в атмосферу через разрушенное остекление. Если же дверь на кухню в момент первого «хлопка» открыта, то смесь через дверной проём устремляется в коридор и соседние комнаты, турбулизируется и обогащается кислородом. В результате формируется хорошо подготовленное к горению взрывоопасное облако, которое через незначительный промежуток времени (10-15 с) взрывается. Так проявляется вторичный взрыв, который обычно и причиняет основные повреждения зданию.

Описанная ситуация весьма типична для взрывов, связанных с утечкой газа в квартирах жилых зданий. Один из примеров такого взрыва (в Приозерске Ленинградской области) рассмотрен ниже, в конце данного подраздела.

Обратим внимание, что при, казалось бы, пустяковом факторе – открытой или закрытой двери – взрыв может быть одностадийным или двухстадийным, а уровни взрывных нагрузок отличаются в 10–15 раз (!).

В [6] приводится типичный пример взрыва в жилом доме г. Архангельска (1997 г.), при котором значительные разрушения возникли в комнатах, которые на момент взрыва были даже незагазованы, утечка пропана произошла на кухне. Там же от искры в реле холодильника произошло воспламенение горючей смеси. Но наибольшим разрушениям подверглись жилые комнаты, сообщающиеся с кухней.

Множественные взрывы

Причиной возникновения множественных взрывов может быть и описанный выше эффект миграции и накапливания газов при утечке в подземных и наземных газопроводах. Газы и пары, проникшие в соседние этажи или комнаты, скапливаются на каждом уровне. В результате возникают так называемые вторичные (каскадные) взрывы – когда зажигание и взрыв происходит на одном этаже или в комнате, последующие взрывы могут произойти в соседних помещениях или этажах.

Миграция и накапливание газов часто образуют зоны, места скопления («карманы») с различными воздушно-топливными смесями. Один «карман» может быть в пределах взрывоопасной концентрации, в то время как «карман» в соседней комнате может быть выше верхнего концентрационного предела взрываемости. Когда первая смесь загорается и взрывается, динамические силы взрыва, включая положительную и отрицательную фазы давления, смешивают воздух с насыщенной смесью и формируют концентрацию, достаточную для взрыва. Эта смесь, в свою очередь взрывается, если есть источник зажигания достаточной мощности. Таким образом, возможна серия взрывов паров и газов [2].

Каскадные взрывы иногда происходят так часто, что свидетели заявляют, что слышали только один взрыв. Но физические доказательства, в том числе множественность эпицентров, указывают на более чем один взрыв [2].

Некоторые аспекты выдвижения и отработки версии

Версия об утечке газа должна выдвигаться и анализироваться как минимум, в случаях:

- а) наличия газовых коммуникаций и магистралей на месте происшествя или в пределах зоны возможного проникновения (см. выше);
- б) наличия разрушений, характерных для объемного взрыва;
- в) наличия характерного запаха газа;
- г) использования технологических процессов с горючими газами;
- д) отсутствия других объяснений произошедшего взрыва.

Характерные признаки взрыва ГПВС и их отличия от признаков взрыва конденсированных ВВ изложены ниже, в подразделе 13.13.

Здесь же остановимся на некоторых специфических следах горения метана и пропан-бутановой смеси и методике их выявления, а так же некоторых расчетах, которые могут быть выполнены в данной ситуации.

Следы горения природного газа (метана) и других углеводородных газов

В [2] отмечается, что вытекающий природный газ склонен к образованию следов в форме **перевернутого конуса**. Это особенно характерно для природного газа в случае, если утечка происходит от нижнего уровня пола и распространяется дальше до границы пересечения пола и стены. Последующее горение часто не доходит до потолка и проявляется в образовании характерного треугольного следа в форме перевернутого конуса

Горение распространенных топливных газов может обеспечивать формирование и иных особых следов на пожаре. Природный газ имеет плотность по воздуху около 0,65, он легче воздуха и потому поднимается вверх. Это его свойство создает зоны повышенных концентраций газа в верхних частях комнаты, здания. Локальное горение между потолочными балками, между внутренними вертикальными стояками стен и в углах потолка комнаты довольно распространено и является признаком горения именно природного газа.

Более тяжелые углеводороды – пропан с плотностью 1,5 по воздуху и бутан с плотностью по воздуху 2,0 – также имеют тенденцию образовывать зоны, повышенных концентраций, но на нижних уровнях. Однако летучий характер их продуктов горения, предотвращает образование подобных характерных следов зонального горения, как природный газ [2].

Следы на окружающих конструкциях и предметах могут и вообще не образоваться, если имело место локальная вспышка «пробежка пламени». По причине кратковременности теплового воздействия, массивные материалы и конструкции могут просто не успеть прогреться до температур, необходимых для заметных термических поражений.

Методика изъятия проб горючего газа

В случае, если осмотр места пожара проводится по «горячим следам», может оказаться полезен отбор проб воздуха на предмет обнаружения остатков газа.

Методика отбора описана в пособии «Место взрыва как объект экспертно-криминалистического исследования» [23].

Отбор производится, в частности:

- выливанием холодной воды из стеклянных банок большой емкости;
- заполнением полиэтиленовых пакетов;
- использованием специальных поглотительных растворов;

Отбор проб газа осуществляется из зон завалов, в полузамкнутых объемах из их центра.

Анализ проб газовой фазы

Основной метод анализа проб воздуха и поглотительных растворов на предмет обнаружения остатков газа – *газожидкостная хроматография*. Соответствующее оборудование имеется в СЭУ ФПС «ИПЛ» и экспертных подразделениях полиции. Методика и условия хроматографирования близки к применяемым для анализа более тяжелых углеводородов (светлых нефтепродуктов) при поджогах.

Фотоионизационные детекторы типа «Колиона», обычно используемые для поисков остатков ЛВЖ (ГЖ), лучше не применять – они плохо реагируют на легкие газы, в том числе метан, пропан.

Зарубежные методические пособия [2] рекомендуют при этом искать не сам газ, а добавляемый в него компонент, так называемый *газовый одорант*, иногда называемый «отдушкой». Вероятно, потому, что он лучше сохраняется после пожара.

Как отмечалось выше, природный и сжиженные (пропан-бутан) газы не имеют запаха. Поэтому для безопасности в них добавляется одорант с неприятным запахом. Самые распространенные одоранты для природных газов – бутилмеркаптаны, а этилмеркаптан и тиопан – для сжиженных газов.

В США, в соответствии с [2], определение одоранта должно входить в состав исследования любого взрыва газа, особенно, если нет указаний на утечку газа. Определение наличия одоранта в полевых условиях рекомендуют проводить линейно-колористическим методом с применением соответствующих индикаторных трубок, а в лабораторных условиях для более точных результатов – с помощью газовой хроматографии. Отмечается, что некоторые люди по разным причинам (главная, вероятно, не очень хорошее обоняние) не могут обнаружить эти одоранты органолептически, а при определенных условиях концентрация одоранта может снизиться настолько, что его обнаружить не удастся и людям с хорошим обонянием.

Взрыв газа в Приозерске Ленинградской области (1996 г)

В заключение приведем пример экспертного исследования пожара, причиной которого явился взрыв бытового газа.

20 декабря 1996 года примерно в 0 час.50 мин. в жилом доме №32 по ул. Горького г. Приозерска (Ленинградская обл.) произошел взрыв, повлекший разрушение квартир 2,3,4 этажей одной из жилых секций здания. Взрыв сопровождался пожаром. Во время происшествия погибли 13 человек.

За некоторое время до взрыва и пожара одна из квартир этого дома (№ 83), в которой проживала семья Ш., была отключена от газовой магистрали дома в связи с неуплатой за пользование газом. На вентиляционный выход в квартиру мастером «Выборгмежрайгаза» была поставлена заглушка. Однако квартиросъемщик Ш. сделал, как следовало из показаний свидетелей, самовольную подводку газа через резиновый шланг от места снятой заглушки до газовой плиты. Соседи неоднократно жаловались на запах газа.

При осмотре места взрыва было установлено, что его центр находится именно в квартире № 83. На фото (рис.13.10) видно, что на дворовом фасаде здания и его левом торце имеются хорошо выраженные закопчения характерной конусообразной формы – след конвективного потока из очаговой зоны, на торцевой поверхности здания конус начинается от окна квартиры № 83 на 3-м этаже и уходит, расширяясь вверх, захватывая окна вышележащих квартир на 4-м и 5-м этажах. Сам доставленный в больницу Ш. подтвердил, что взрыв произошел в его квартире.

Один из свидетелей, оказавшийся рядом со зданием в момент взрыва, показал, что сначала он услышал «...звук типа свиста, потом последовал хлопок... (или хлопок, затем свист, точно не помню), и потом практически следом взрыв и выпали плиты с третьего этажа. Из образовавшегося отверстия показалось пламя сине-голубого цвета с завихрениями типа воронки. После чего пламя стало обычного оранжевого цвета... После взрыва пламя с третьего этажа стало распространяться на верхние этажи».

Как следовало из материалов следствия, бытовой газ, подаваемый управлением «Выборгмежрайгаз» в дом, в котором произошел взрыв, являлся смесью пропана с бутаном.

Экспертами была проведена расчетная оценка массы взорвавшейся газовой смеси и давления взрыва, исходя из возникших при взрыве разрушений.

В материалах дела зафиксирован факт разрушения оконных стекол в окружающих домах, удаленных на расстояние около 130 м. К сожалению, существующие методы расчета позволяют получать удовлетворительные по достоверности результаты при учете разрушений на расстоянии до 100 м от центра газового взрыва, т.к. на больших расстояниях возникают значительные расчетные погрешности вследствие вырождения ударной волны в акустическую волну.

Известно, что остекления жилых зданий разрушаются при избыточном давлении в пределах 0,01-0,04 бар (1-4 кПа). Примем критическое давление разрушения ΔP_R равным 0,02 бар (2 кПа), полагая, что оно произошло на расстоянии $R = 100$ м.

Избыточное давление взрыва на расстоянии R от эпицентра взрыва может быть выражено формулой:

$$\Delta P_R = 0,17 \cdot \rho \cdot \sqrt[3]{Q} \cdot \frac{\sqrt[3]{m \cdot \eta}}{R} - \frac{18}{R + 1,0}, \quad (13.2)$$

где:

ΔP_R – избыточное давление взрыва, бар;

ρ – плотность газовой смеси, кг/м³;

Q – калорийность пропан-бутановой смеси (46400 кДж/кг);

m – масса газа, кг;

η – КПД взрыва ($\approx 0,7$)*.

(*прим. Согласно [83], η в настоящее время следует брать = 0,4)

Плотность горячего газа равна 2 кг/м^3 , воздуха – $1,22 \text{ кг/м}^3$. Исходя из принципа аддитивности, найдем плотность газозвушной смеси при среднем значении концентрационных пределов воспламенения пропан-бутановой смеси (НКПР = 2,5% об., ВКПР = 7,5% об.), среднее значение 5,0% об.:

$$\rho = 2 \cdot 0,05 + 1,22 \cdot 0,95 = 1,26 \text{ кг/м}^3$$

Подставив значения ΔP_R и ρ в формулу, рассчитаем массу взорвавшегося газа.

$$0,02 = 0,17 \cdot 1,26 \cdot \sqrt[3]{46400} \cdot \frac{\sqrt[3]{m \cdot 0,7}}{100} - \frac{18}{100+1},$$

Отсюда :

$$\frac{\sqrt[3]{m \cdot 0,7}}{100} = \frac{\left(0,02 + \frac{18}{101}\right)}{0,17 \cdot 1,26 \cdot \sqrt[3]{46400}}$$

$$3\sqrt[3]{m \cdot 0,7} = 2,6$$

$$m = 25,1 \text{ кг}$$



Рис.13.10. Последствия взрыва газа в квартире жилого дома в Приозерске Ленинградской области (1996 г.)

Таким образом, судя по разрушению стекол в окружающих домах, масса взорвавшегося газа составляла **не менее 25 кг**. Добавка словосочетания «не менее» в данном случае обусловлена уменьшением при расчете значения R (по изложенным выше соображениям) со 130 до 100 м. Кроме того, разрушение стекол на таком расстоянии зафиксировано в домах, находящихся не с той стороны дома, куда выходят окна кухни квартиры Ш., а с противоположной.

Если иметь в виду, что полная площадь квартиры, где произошел взрыв, составляла около 70 м², и принять, что газ распространился относительно равномерно по всей квартире, то минимальная толщина слоя газового облака от уровня пола составляла около 20 см (пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха и, как отмечалось выше, при утечках скапливается на уровне пола, постепенно заполняя помещение снизу вверх).

Большая часть энергии взрыва пошла на разрушение помещений подъезда, где располагалась квартира Ш., часть – на формирование ударной волны, прошедшей через окна и прочие проемы.

Принимая минимальную массу взорвавшегося газа равную 25,1 кг, рассчитаем избыточное давление, возникшее в квартире № 82 в результате взрыва этого количества газа по формуле [69]:

$$\Delta P = m_{\Gamma} \cdot H \cdot P_0 \cdot Z \cdot 1/V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot T_0 \cdot K_{\text{н}}, \quad (13.3)$$

где:

ΔP – избыточное давление взрыва, кПа;

m_{Γ} – масса горючего газа, вышедшего в результате аварии в помещение, кг;

H – удельная теплота сгорания газа или пара, Дж/кг (для пропан-бутановой смеси равна $4,64 \times 10^7$ Дж/кг);

P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

Z – коэффициент участия горючего при сгорании газопаровоздушной смеси (для горючих газов допускается принимать равным 0,5);

$V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг/м³ (равна 1,22 кг/м³);

$C_{\text{в}}$ – теплоемкость воздуха, Дж/кг×К (допускается принимать равной $1,01 \times 10^3$ Дж/кг×К);

T_0 – начальная температура воздуха, К (в нашем случае равна 293 К);

$K_{\text{н}}$ – коэффициент учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать равным 3.

В соответствии с [69] $V_{\text{св}} = V_0 \cdot 0,8$

где:

V_0 – полный объем помещения, м³.

В нашем случае при площади квартиры около 70 м² и высоте потолков около 2,8 м полный объем помещений квартиры составит:

$$V_0 = 70 \cdot 2,8 = 196 \text{ м}^3$$

отсюда $V_{\text{св}} = V_0 \cdot 0,8 = 196 \cdot 0,8 = 156,8 \text{ м}^3$

Тогда

$$\Delta P = m_{\Gamma} \cdot H \cdot P_0 \cdot Z \cdot 1/V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot T_0 \cdot K_{\text{н}} = 25,1 \cdot 4,64 \cdot 10^7 \cdot 101 \cdot 0,5 \cdot 1/156,8 \cdot 1,22 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot 293 \cdot 3 = 346,3 \text{ кПа}$$

(~3,5 бар).

Известно, что для разрушения жилого дома изнутри, в зависимости от конструкции и типа материалов, достаточны значения избыточного давления 50–100 кПа или 0,5–1 бар (см. табл. 13.3). В данном случае избыточное давление было практически в 3,5–7 раз выше, поэтому разрушения подъезда дома и приобрели такой катастрофический характер, связанный с разрушением нескольких этажей и сильным дроблением стен и перекрытий.

Проведенные расчеты, результаты судебно-медицинской экспертизы умершего в больнице Ш. и другие собранные следствием данные позволили реконструировать следующий ход событий, связанных с данным взрывом и его последствиями.

Гражданин Ш., находясь в состоянии сильного алкогольного опьянения, спал в одной из комнат и, вероятно, не чувствовал запах газа. Проснувшись, он в 0 часов 50 минут вышел на кухню и, по всей вероятности, зажег спичку. Находившийся в кухне газ был воспламенен и в нижнем слое, и в восходящих конвективных потоках. Произошла вспышка, при которой скорость распространения пламени по газовой фазе составляла несколько десятков метров в секунду, а давление – 5–50 кПа (0,05–0,5 бар). Тепловой и барический эффекты вспышки были достаточны, чтобы произвести сильные ожоги, тепловой шок и выбросить Ш. через оконный проем. (Ш. после взрыва был найден на улице, под окнами дома). Следует обратить внимание на то, что при вскрытии тела Ш. судебно-медицинскими экспертами не было обнаружено явных признаков ударноволнового (барического) воздействия на пострадавшего – только сильные ожоги и ушибы, характерные для падения с высоты. Это значит, что первичная вспышка газа на кухне еще не могла в первые мгновения обеспечить повышения давления и возникновения ударной волн, которые, в конечном счете, и привели к разрушению дома.

Утечки и взрывы ацетилена

Ацетилен – один из наиболее часто используемых промышленных газов. До сих пор он широко применяется в газосварке и газорезке (см. главу 9 книги 1). В то же время, он один из наиболее опасных газов, что обусловлено его физико-химическими свойствами и высокой реакционной способностью (см. главу 3 книги 1).

Ниже приведен пример взрыва ацетилено-воздушной смеси, произошедшей вследствие утечки газа из системы централизованного газоснабжения крупного судостроительного предприятия Санкт-Петербурга.

Взрыв произошел в октябре 1998 года в помещении физкультурно-оздоровительного комплекса административно-бытовой встройки в здание сборочно-сварочного цеха ГУП «Адмиралтейские верфи».

В результате взрыва погибло 5 человек, получили травмы 4 человека. Было разрушено около 40% строительных конструкций и около 60% инженерных систем здания.

Утечка ацетилена происходила из ацетиленопровода, трубы которого были проложены на глубине 1 м и расстоянии около 0,8 м от фундамента здания. После взрыва, в поисках места утечки, участок грунта, где проходили трубы ацетиленопровода, вскрыли. В трубах были обнаружены сквозные коррозионные свищи размером 20x40 мм, 10x12 мм и 2x4 мм.

Ацетилен, выходя через указанные отверстия, фильтровался через грунт и частично рассеивался в открытом пространстве, а частично проникал и скапливался в рядом расположенном помещении физкультурного комплекса, в котором и произошел взрыв, а затем и пожар.

Ацетилен легче воздуха (плотность по воздуху 0,91), поэтому он скапливался преимущественно в верхней части помещения, в подпотолочном пространстве 1 этажа.

Источником зажигания, по мнению экспертов, явилось искрение или перегрев контактов одного из люминесцентных светильников ФПБ 01-2x30, расположенных в люстре под потолком тренажерного зала комплекса.

Приведенный пример интересен еще и тем, что иллюстрирует удивительную способность горючих газов проникать через почву и буквально «заползать» в здания, заполняя их взрывоопасной смесью. На этом их свойстве хотелось бы остановиться более подробно, используя в качестве основы информацию, приводимую в [2].

Утечки и прохождение горючих газов под землей

Утечки горючих газов вне помещений менее опасны, чем утечки внутри помещений, но тоже могут приводить к пожарам и взрывам. Причем речь идет не обязательно о разрыве каких-нибудь магистральных газопроводов – это может быть и бытовая газовая сеть низкого давления, на необходимость учета таких возможностей при расследовании пожаров указывается, в частности, в [2].

Горючие газы из подземных трубопроводов могут просачиваться под землей (иногда на большие расстояния), заполнять какие-либо помещения и создавать взрывоопасную атмосферу. Газы тяжелее и легче воздуха могут перемещаться под землей или передвигаться вдоль наружной стороны подземного трубопровода (через кольцеобразные свободные пространства) и могут заполнять, таким образом, различные структуры. Эти газы обычно называют «беглыми» газами, так как они являются следствием утечки из емкостей или трубопроводов или иных компонентов газовых систем [2].

Выше отмечалось, что горючие газы, такие, как природный газ и пропан, сами по себе не пахнут. Чтобы утечку этих газов можно было обнаружить, им искусственно придают запах при помощи одорантов. Смесью горючих газов - одорантов не всегда стабильна и может изменяться из-за прохождения горючих газов через материалы, которые или поглощают одоранты (например, почва и т. д.) или реагируют с ними (например, новые стальные трубы и цистерны). Во многих случаях при прохождении через почву запах может измениться настолько, что утечку по запаху не удастся обнаружить.

Горючие газы, перемещающиеся под землей, проникают в здание через линии швов, по каналам прохождения электрических и телефонных проводов, через дренаж и даже прямо через фундамент и стены. Эти газы также могут проникнуть через почву в воздух и улетучиться без вреда. Однако если поверхность земли залита дождем, покрыта снегом, замерзла или замощена, газы могут пройти в обход и проникнуть в какие-либо помещения и инженерные сооружения [2].

В [2] отмечается, что длительную утечку газов можно обнаружить благодаря присутствию травы или другой растительности, которая увяла, стала коричневой в месте утечки.

13.7. Взрывы бытовых газовых баллонов

- Актуальность проблемы
- Причины разрушения баллонов
- Расчёт условий исчезновения паровой фазы в баллоне
- Опасность разгерметизации и взрыва газовых баллонов
- Экспертное исследование баллонов после взрыва

Актуальность проблемы

Взрывы газовых баллонов случаются на производстве, транспорте, в жилищно-коммунальной сфере и т.д. Некоторые аспекты взрывов газовых баллонов, применяемых при газосварке, рассмотрены в главе 9 книги 1; автомобилей на газовом топливе – в главе 15 книги 2.

В данном подразделе речь идет в основном о бытовых газовых баллонах, заполненных сжиженными газами (как отмечалось выше, пропан-бутановой смесью). Кроме бытовых нужд, такие баллоны применяются при проведении дорожных работ для разогрева асфальта, битума, при ремонте мягких кровель, газопламенной обработке металлов и неорганических строительных материалов и др. целей.

Взрывы таких баллонов – достаточно частые причины, приводящие к пожарам в жилых зданиях (особенно на селе), во всякого рода мастерских, мелких предприятиях общественного питания и т.д.

Так, например, в Волгоградской области ежегодное количество пожаров со взрывами бытовых газовых баллонов (50 л) составляло (по данным 2000-2003 гг.) от 23 до 40 в год (0,7-1,4% от общего числа пожаров) [26].

Иногда взрывы сопровождаются весьма тяжелыми последствиями, в том числе разрушениями и человеческими жертвами.

Так, например, *12 декабря 1992 года в г. Омске при взрыве 50-литрового баллона с пропан-бутаном погибло 5 человек, а четырехквартирный дом был полностью разрушен.*

7 сентября 1994 года на Сормовской улице г. Москвы в административном здании произошел взрыв 50-литрового баллона, в результате которого большая часть здания была разрушена, погибло 7 человек, многие были травмированы.

Впечатляющий перечень взрывов бытовых газовых баллонов в 2011 г. приведен выше, в разделе 13.6.

Необходимо отметить, что происходят взрывы не только относительно больших баллонов, но и маленьких баллонов газовых зажигалок, паяльных ламп, другого инструмента. Газовые (заправленные пропан-бутаном) зажигалки неоднократно, с тяжкими последствиями, взрывались в карманах одежды сварщиков при проведении сварочных работ [18, 27]. Считается, что их причиной явилось прожигание корпусов зажигалок искрами сварки, но, вероятнее всего, основной причиной был всё же физический взрыв баллончика при перегреве. Недаром в связи с многочисленными сообщениями о травмах людей при взрывах зажигалок со сжиженным газом, Национальный совет по технике безопасности США в своё время запретил иметь при себе такие зажигалки пожарным, допускать перегрев их выше 49°C, оставлять зажигалки в автомобиле на солнце, брать баллончики на борт самолета и т.д. [18].

В Германии в кухне кафе произошел взрыв в результате утечки пропан-бутановой смеси из баллончика паяльной лампы, емкостью 190 г газа. В результате взрыва повар получил ожоги лица и рук, разрушена стеклянная витрина, сорваны с креплений два потолочных вентилятора [26].

Но самые серьезные разрушения и поражения возникают, естественно, при взрывах обычных газовых баллонов, самые распространенные из которых имеют емкость от 5 до 50 литров.

Применение сжиженных газов регламентирует ГОСТ 20448-90 [84]. Для хранения и транспортировки сжиженных газов используют баллоны объемом до 120 л. Характеристики баллонов приведены в таблице 13.9.

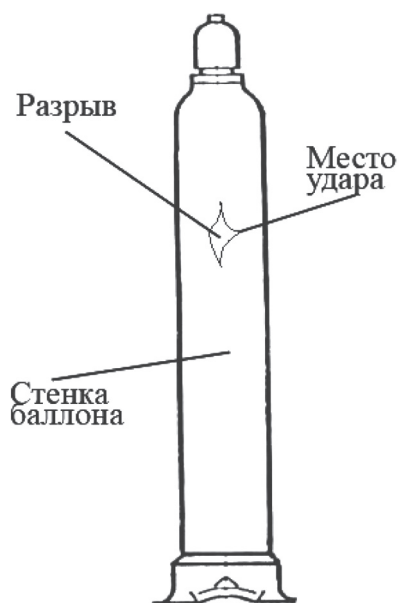


Рис. 13.11. Характерный разрыв газового баллона в случае возникновения трещины при ударе

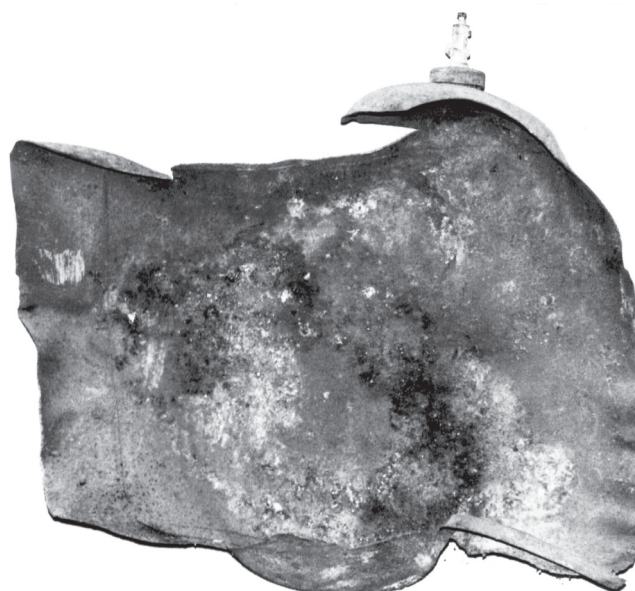


Рис. 13.12. Бытовой газовый баллон (пропан-бутан), взорвавшийся в ходе пожара

Таблица 13.9

Характеристики баллонов для сжиженных газов [18]

Ёмкость, л	Масса баллона, кг	Масса газа, (пропан-бутана), кг	Диаметр цилинд. обечайки, мм	Толщина стенки, мм	Полная длина, мм
5	4	2	222	2	284
12	6	5	222	2	470
27	14,5	11,4	299	3	575
50	22	21,2	299	3	960
80	31,5	34	299	3	1404

Причины разрушения баллонов

Рассмотрим основные причины, приводящие к вскрытию (разрушению) газовых баллонов.

1) Механическое воздействие на баллон

Механический удар по корпусу, вентилю при погрузочно-разгрузочных или иных операциях (если не надет колпак) может привести к их немедленному разрушению или, что бывает чаще, образованию трещины или иного дефекта. Со временем, под влиянием каких-либо провоцирующих факторов (нагрев, переполнение, дополнительный удар) трещина может раскрыться и произойдет разрыв баллона. Специалисты утверждают, что разрыв в этом случае может иметь характерную форму, показанную на рис. 13.11.

2) Внешний нагрев баллона

Баллон может быть установлен таким образом, что оказывается в зоне прямого воздействия лучистого тепла и даже открытого пламени. Баллон перегревается, в нем возникает повышенное давление, возникают опасные напряжения в металле и, в конечном счёте, возможен взрыв.

Считается, что опасен нагрев выше 45°C; при этом вероятен разрыв обечайки.

Перегрев и взрыв баллона возможен и в ходе пожара. В подобных случаях даже практически пустые баллоны, т.е. заполненные лишь остаточными парами пропан-бутановой смеси при отсутствии жидкой фазы, благодаря силе взрыва, может «развернуть» до практически плоского состояния (рис. 13.12).

3) Наличие дефекта заводского изготовления

Заводские дефекты - раковины, пустоты, изломы обечайки, дефекты сварного шва и т.д. могут в определенный момент привести к взрыву баллона.

При исследовании баллона дефекты могут быть выявлены методами ультразвуковой дефектоскопии, металлографии. Кроме того, раковины и пустоты обнаруживаются на изломе при морфологическом исследовании места разрыва.

4) Неисправности вентиля, газовых горелок и др.

Возможности взрывов баллонов, связанные с данного рода неисправностями, рассмотрены в главе 9 книги 1, посвященной газо-электросварке.

5) Переполнение (перелив) газового баллона

Исчезновение паровой фазы в баллонах со сжиженными газами в результате перелива при заправке – наиболее частая причина их взрыва. Он обычно происходит после внесения баллона в теплое помещение из более холодного, с улицы зимой. Часто сопутствующим фактором является наличие в баллоне скрытого дефекта производственного характера или возникшего в процессе эксплуатации (коррозия, микротрещины и др.).

Бытовые баллоны заполняются смесью «пропан-бутан зимней» или «пропан-бутан летней». В зимней смеси больше пропана. Заполняться баллоны должны на 80–90%.

Если баллон переполнен, то при внесении в помещение баллона с зимней смесью через некоторое время в баллоне исчезает газовая фаза и гидростатическое давление разрывает баллон. Происходит это потому, что углеводороды имеют очень большой коэффициент объемного расширения, в 15–16 раз превышающий коэффициент объемного расширения воды. При нагреве баллона параллельно с уменьшением объема паровой подушки существенно повышается плотность паровой фазы. Указанные изменения параметров можно проиллюстрировать данными таблицы 13.10, в которой приводятся характеристики пропана, находящегося в сосуде при различных температурах.

Таблица 13.10

Физические характеристики пропана при различных температурах [18]

T, °C	-20	-10	0	10	25	35
Р _{абс.} , МПа	0,24	0,34	0,47	0,63	0,95	1,21
Р _{изб.} , МПа	0,14	0,24	0,37	0,53	0,85	1,11
ρ _ж , кг/л	0,553	0,542	0,528	0,514	0,49	0,474
ρ _п , кг/м ³	5,48	7,57	10,37	13,6	20,15	25,3

где:

Р_{абс.} – упругость насыщенных паров (абсолютное давление);

ρ_ж – плотность жидкости;

ρ_п – плотность сухого насыщенного пара.

Для баллонов типа 3-50 по ГОСТ 15860-84 значение предела конструктивной прочности составляет 5 МПа. Считается, что разрушение баллона может произойти при достижении в нем внутреннего давления более 5,5 МПа.

Примером подобного инцидента может быть взрыв газового баллона в производственной мастерской г. Рыльска Курской области в декабре 2003 года. Взрыв сопровождался пожаром и привёл к массовой гибели людей.

Взрыв произошел 18 декабря в 16 часов, а заправлен баллон был на АГЗС в 12 часов 37 минут того же дня. Доставленный после заправки баллон непосредственно перед взрывом был внесён

в помещении мастерской, где, ко всему прочему, проводились работы с открытым огнём (возможно, за счёт этого он подвергся дополнительному нагреву).

Исследование баллона после пожара (взрыва) показало наличие у него производственного дефекта – при выполнении автоматической сварки в процессе изготовления произошло смещение оси сварочной проволоки относительно оси сварного шва, что привело к непровару корня сварного соединения.

Сочетание перечисленных негативных факторов и привело, в конечном счете, к взрыву.

В результате взрыва основная часть обечайки баллона сохранилась, произошла лишь значительная пластическая деформация верхнего днища с образованием двух разрывов в верхней части цилиндрической обечайки.

При отработке соответствующей версии нужно обязательно учитывать предысторию взрыва – недавнюю заправку, нагрев при внесении в теплую атмосферу и т.д.

В случае если известна масса залитого в баллон газа, то можно рассчитать, исчезнет ли при данной температуре окружающего воздуха (или внешнем нагреве баллона иным путём) паровая подушка в нем и возникнет ли угроза взрыва.

Расчет условий исчезновения паровой фазы в баллоне

Для расчета необходимо воспользоваться данными приведенной выше в таблице 13.10 или более обширными данными, приведенными в [18].

1) Предположим, что в 50 литровый баллон было залито 25 кг пропана. Баллон находился при температуре 0°C.

Масса газа в баллоне равна:

$$M = \rho_{ж} \cdot V_{ж} + \rho_n (V - V_n);$$

$$\text{Отсюда } V_{ж} = \frac{(M - \rho_n \cdot V)}{(\rho_{ж} - \rho_n)}$$

В этом случае плотность жидкой фазы составляет 528 кг/м³ паровой 10,37 кг/м³ (таблица 13.10). Объем жидкой фазы будет равен:

$$V_{ж} = \frac{(25 - 10,37 \cdot 0,05)}{(528 - 10,37)} = \frac{24,48}{517,63} = 0,047 \text{ м}^3 (47 \text{ л}).$$

Практически тот же результат получается при подсчете, если пренебречь учетом массы паровой фазы:

$$V = \frac{M}{\rho_{ж}} = \frac{25}{528} = 0,047 \text{ м}^3.$$

Т.е. в баллоне присутствует паровая прослойка объемом: 50 – 47 = 3 л.

2) Предположим, теперь, что затем баллон оказался в помещении при температуре 25°C.

В этом случае $\rho_{ж} = 490 \text{ кг/м}^3$; $V = M/\rho_{ж} = 25/490 = 0,051 \text{ м}^3$. Этот расчетный объем больше объема баллона (50 л), значит предположение о наличии паровой подушки не оправдывается, реальное давление превышает давление насыщенного пара $P_{абс}$ и ситуация чревата взрывом баллона.

Опасность разгерметизации и взрыва бытовых газовых баллонов

Возникшая в результате разрыва корпуса, трещины в нем, дефекта запорной арматуры или других ситуаций утечка газа из баллона может приводить к формированию взрывоопасной концентрации в здании или отдельном помещении. Если для расчета принять, что газ состоит из одного пропана и исходить из НКПВ пропана, равного $45,28 \text{ г/м}^3$ (2,3% об.), то, в зависимости от емкости баллона и количества газа в нем, объем образовавшейся взрывоопасной смеси составит от 44 до 468 м^3 (таблица 13.11).

Таблица 13.11

Объемы и площади помещений с концентрацией газа выше НКПВ, возникающей при утечке газа (пропана) из газовых баллонов различной емкости

Емкость баллона, л	масса газа, кг	Объем взрывоопасн. смеси, м ³	Площадь помещения, м ²
5	2	44,2	14,7
12	5	110,4	36,8
27	11,4	251,8	83,9
50	21,2	468,2	156,1

При высоте помещения в 3 м, это соответствует указанным в таблице помещениям площадью от $14,7$ до 156 м^2 . Таким образом, пятилитрового баллона может хватить для создания взрывоопасной концентрации в объеме большой кухни жилого дома.

Не менее опасна ситуация моментального разрушения баллона и воспламенения его содержимого. Опасность взрыва 50-литровых баллонов можно оценить по данным работы [26]. Авторами в полигонных условиях изучалась опасность взрыва газовых баллонов в ситуации развивающегося пожара. Установлено, что, в зависимости от заполненности баллона, диаметр возникающего при взрыве «огненного шара» может составлять от 2 до 9 метров. Дистанция поражения непосредственно пламенем может достигать 9–10 м, а разлетающимися осколками – сотни метров.

Экспертное исследование баллонов после взрыва

Ниже приведены сведения о методике криминалистического исследования газовых баллонов, изложенные в [27].

Как известно, газовые баллоны в зависимости от технологии изготовления подразделяют на бесшовные и сварные.

1. Исследование бесшовных баллонов

Бесшовные баллоны емкостью до 55 л на рабочее давление до 20 МПа изготавливают в соответствии с ГОСТ 949-73 [28], а также ЧМТУ 14-3-677-77 и ЧМТУ 14-3-177-73. Они предназначены для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов при температурах от -50 до $+60 \text{ }^\circ\text{C}$. Наиболее распространенными в сорimente газовых баллонов среднего объема являются 40 литровые баллоны.

По ГОСТ 949-73 баллоны изготавливают из сталей марок Д, ДБ [28], химический состав сталей этих марок по ОСТ 1421-77 приведен в таблице 13.12:

Таблица 13.12

Химический состав сталей, используемых для изготовления газовых баллонов

Марка стали	C,% масс.	Mn,% масс.	Si,% масс.	S,% масс.	P,% масс.	Cu,% масс.
Д	0,41-0,48	0,65-0,90	0,17-0,37	<0,045	<0,045	<0,25
ДБ	0,41-0,48	0,90-1,15	0,17-0,37	<0,045	<0,045	<0,25

(содержание углерода, марганца, кремния – рекомендуемое)

В зависимости от рабочего давления и материала баллонов, ГОСТ 949-73 нормирует такие их параметры, как толщина стенки, длина корпуса, масса. Диаметр цилиндрической части баллонов объемом от 20 до 50 л одинаков и составляет 219 мм +/- 2,0% [28].

Рекомендуемая схема исследования баллона при решении диагностических задач – установлении причины его разрушения, в частности – по Матвееву [27] после некоторой корректировки, может быть представлена следующим образом:

- 1) предварительный визуальный осмотр баллона (изучение клейма на горловине);
- 2) измерение толщины стенки баллона и его взвешивание;
- 3) детальное визуальное исследование разрушений, установление места начала разрушения стенки баллона (места зарождения трещины);
- 4) вырезка проб и изготовление образцов для механических испытаний;
- 5) проведение механических испытаний;
- 6) определение элементного состава стали.

Клейма на баллоне изучаются в целях определения его паспортных данных, даты освидетельствования и т.д.

Учитывая, что на экспертизу баллоны поступают обычно в разорванном виде, проверить точное соответствие их геометрических размеров требованиям ГОСТ 15860-84 [29] обычно не представляется возможным. Основное внимание следует уделить взвешиванию баллона и измерению толщины его стенки, особенно в зоне ее утоньшения рядом со сварным швом.

Сравнивая фактическую его массу с выбитой на горловине, можно определить такой важнейший параметр, как степень износа баллона. Согласно «Правилам устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением», при потере в массе от 7,5% и более предусматривается перевод баллона на сниженное давление, при этом старые клейма, за исключением номера баллона, товарного знака завода-изготовителя и даты изготовления, забивают и набивают новые.

Толщина стенки измеряется с помощью ультразвукового дефектоскопа или штангенциркулем на вырезанных темплатах. Она также сравнивается с ГОСТированной.

Одной из основных задач является установление места начала разрушения стенки баллона. Оно определяется по шевронному излому, образующемуся на кромке разрыва в момент прохождения магистральной трещины. Шевронный зуб узора своим острием указывает в сторону места зарождения трещины.

Место зарождения трещины и прилегающие к нему участки рекомендуется тщательно исследовать в целях обнаружения как металлургических дефектов – расслоений (волосовин, плен), неметаллических включений (раковин, закатов, следов от окалины), так и механических повреждений – вмятин, задиров, рисок. Вопрос о допустимости обнаруженного дефекта в каждом конкретном случае решается исходя из требований ГОСТ и «Правил устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Определение механических свойств (если это необходимо) рекомендуется проводить на коротких пропорциональных цилиндрических образцах с диаметром рабочей части 4 или 3 мм (№ 8 и 9 по ГОСТ 1497-84) и на стандартных образцах по ГОСТ 9454-78. Образцы отбирают в цилиндрической части баллона на наименее поврежденных взрывом участках, продольные их оси должны быть параллельны образующей цилиндрической части баллона. Испытывается не менее 3 образцов на растяжение и столько же – на ударную вязкость.

Количественный анализ элементного состава проводится на указанные в ГОСТ элементы (см. выше). Желательно делать это на остатках образцов от механических испытаний или на участках в непосредственной близости от них.

2. Исследование сварных баллонов

Сварные баллоны для сжиженных газов изготавливают емкостью от 2,5 до 80 л по ГОСТ 15680-84 [29]. Баллоны предназначены для хранения сжиженных углеводородных газов (пропана, бутана и их смесей) при температуре от -40 до +50°C. Рассчитаны на давление до 16 кгс/см² (1,6 МПа).



Рис. 13.13. Бытовые газовые баллоны после физического взрыва в результате переполнения при заправке

Баллоны емкостью менее 12 л свариваются из двух сферических половинок с одним горизонтальным кольцевым швом. Баллоны емкостью 12, 27, 50 и 80 л из двух днищ (верхнего и нижнего) и цилиндрической обечайки с продольным швом.

Баллоны изготавливаются из стали марки Ст3сп или Ст.3пс (ГОСТ 380-2005), которые должны иметь следующие физико-механические характеристики – временное сопротивление разрыву 38–47 кг/см², предел текучести 22–24 кг/см², относительное удлинение 21%.

Чаще всего на разрешение эксперта ставится диагностическая задача о причине разрушения баллона – произошло ли оно от его некачественного изготовления и несоответствия ГОСТ 15860-84 [29] или вследствие переполнения жидким газом при заправке? Весьма вероятно и сочетание этих факторов.

На практике замечено, что **разрушение сварных газовых баллонов происходит, как правило, в зоне, прилегающей к сварному шву, в особенности продольному** (рис. 13.13).

Происходит это по следующей причине:

Конструктивно сварные баллоны весьма надежны, при указанных выше рабочих температурах они безопасны даже при полном заполнении сжиженным газом. Однако нагрев баллона выше этих температур опасен – тепловое расширение сжиженного газа вызывает существенную пластическую деформацию корпуса баллона. У баллонов с цилиндрической обечайкой рост внутреннего объема происходит в первую очередь за счет растягивания обечайки, при этом форма баллона из цилиндрической становится бочкообразной. Происходит соответствующий изгиб продольного шва и это является фактором, провоцирующим его разрушение при наличии дефектов сварочного характера или механических повреждений.

Необходимо отметить также, что продольный сварной шов обечайки подвержен более сильным поперечным (тангенциальным) растягивающим напряжениям, нежели кольцевые швы, подвергающиеся продольным растягивающим напряжениям.

Недопустимыми браковочными дефектами сварных соединений, согласно [30], являются:

– поры в виде сплошной сетки, цепочки (поры расположены на одной линии) или скопления (дефекты с кучным расположением в количестве не менее трех с расстоянием между ними, равным или меньшим трехкратной величине дефекта).

- прожоги основного металла;
- незаваренные кратеры;
- подрезы длиной более 2 мм и глубиной более 0,1 толщины основного металла (s);
- подплавления основного металла:
- незаполнение разделки шва;
- наплывы (натеки);
- местные плавные ослабления корня шва глубиной до 0,1 s;
- свищи;
- смещение кромок выше норм, предусмотренных ГОСТ 15860-84 [29].

Наиболее характерным дефектом при электродуговой сварке под слоем флюса являются **поры**. Они появляются при нарушении технологии сварки – загрязнении сварочной проволоки и кромок листа ржавчиной и маслом, несоблюдении химического состава сварочного флюса, скорости сварки, сварочного тока и т.д.

Для выявления пор вырезают участок сварного шва и исследуют его под оптическим или растровым электронным микроскопом, измеряя размеры пор и их взаимное расположение. Обнаруженные поры фотографируют.

Непровар (несплавление кромок) также является характерным дефектом, возникающим из-за неправильной сборки заготовок под сварку, когда сварочная дуга горит со смещением относительно кромок. При этом расплавленный металл заливает зазор между кромками и внешне такой дефектный стальной шов не отличим от качественного. Непровар может возникнуть также из-за отсутствия зазора между кромками, наличия на кромках загрязнений, препятствующих их проплавлению, из-за нарушения режима сварки.

Для выявления непровара вырезают участок шва и изготавливают его поперечный шлиф, который подвергают металлографическому исследованию с измерением твердости по ГОСТ 9450-76 [31]. Таким образом, можно дифференцировать участки литой структуры сварного шва и основного металла кромок, определить их взаимное расположение. На неразрушившемся участке шва непровар при травлении проявляется в виде темной риски, представляющей собой резкую границу, между литой структурой шва и структурой листовой стали.

Иногда зона разрушения баллона берет свое начало в месте вварки головки баллона в его корпус. Подобное разрушение наблюдалось у баллона с пропан-бутаном, взорвавшегося в ресторане китайской кухни «Харбин» в Санкт-Петербурге (рис. 13.14).

Разрушение баллона по металлу вне зоны шва или прилегающей к шву происходит достаточно редко. Стальной лист, идущий на производство корпуса баллонов, делают из слитков спокойной или полуспокойной стали с гарантированным химическим составом, прокаткой за несколько переделов, глубокой вытяжке при штамповке днищ баллонов. Такая технология сводит до минимума дефекты металлургического характера.

Если место начала разрушения баллона находится вне сварного шва, то необходимо внимательно изучить прилегающую к нему поверхность листа на предмет наличия следов механических повреждений (рисок, вмятин, задиров и др.).

В общем случае исследование рекомендуется проводить в следующем порядке:

- визуальный осмотр баллона (в отличие от клейм на горловине у бесшовных баллонов, в данном случае считывается информация на паспортной табличке баллона; осматривается наружная поверхность баллона, место разрушения сварного шва);
- вырезка участков в зоне разрушения сварного шва;
- осмотр участков, выявление сварочных дефектов;
- изготовление поперечных шлифов и их изучение под металлографическим микроскопом;
- определение твердости материала баллона;
- определение марки стали, из которой изготовлены детали баллона [29].

Описанные выше исследования целесообразно проводить в рамках комплексной (пожарно-технической и металловедческой) экспертизы.



Рис. 13.14. Баллон с пропан-бутаном, взорвавшийся в ресторане «Харбин» (Санкт-Петербург, 2.03.2012 г.)

13.8. Взрывы и вспышки аэрозольных систем «жидкость-воздух»

- Выбросы жидкостных аэрозолей в аварийных ситуациях
- Взрывы при распылении аэрозольных препаратов
- Обработка экспертной версии

Аэрозолями называют дисперсные системы, состоящие из мелких частиц, взвешенных в воздухе или ином газе [75]. Этими мелкими частицами могут быть твердые частицы и мелкие капельки жидкости. По способу образования различают конденсационные и диспергационные аэрозоли.

Конденсационные аэрозоли с жидкой дисперсной фазой называют туманами, с твердой – дымами.

Диспергационные аэрозоли с жидкой дисперсной фазой иногда называют спреями, а с твердыми частицами – пылями [76].

Часто возникают смешанные аэрозоли, состоящие из частиц различного происхождения. Такое происходит, в частности, на пожарах.

Все аэрозоли, содержащие горючую дисперсную фазу в определенных концентрациях, взрыво- и пожароопасны. Инциденты с ними по последствиям не менее серьезны, чем взрывы паро- и газоздушных смесей. Так, взрывоопасность тяжелых углеводородов, например, гептана, распыленных в воздухе в виде аэрозоля, оценивается на уровне газовых смесей «пропан + воздух» [65]. Любопытное сравнение горючих смесей из пылей или капель горючего вещества с воздухом, с конденсированными ВВ приводят в своей книге Гельфанд Б.Е. и Сильников М.В. [77]: «*Даже если тротил превратить в пыль и смешать с воздухом, то при горении такой смеси – пишут они – повышение давления окажется не выше, чем при сгорании древесной пыли*». Соответственно повышению давления окажутся и разрушительные последствия двух этих взрывов.

Дефлаграционное горение и взрывы аэрозолей с твердой дисперсной фазой, т.е. пылей, мы рассмотрим ниже, в специальном разделе. Здесь же остановимся на инцидентах, связанных с горением и взрывами аэрозолей с жидкой дисперсной фазой.

Взрыво- пожароопасные аэрозоли с жидкой дисперсной фазой (назовём их для краткости жидкостными аэрозолями) могут образовываться случайно, в результате возникновения тех или иных аварийных ситуаций, или намеренно, при распылении различных косметических средств и т.п.

Рассмотрим их по порядку.

Выбросы жидкостных аэрозолей в аварийных ситуациях

Такие выбросы могут происходить, в частности, при разгерметизации сосудов и магистралей, содержащих горючие жидкости и находящихся под давлением.

В [78] один из авторов уже приводил пример пожара на ледоколе в Архангельском морском торговом порту, когда аварийное разрушение лопнувшим шатунном корпусе главного дизель-генератора привело к выбросу находящегося в нем под давлением масла и дизельного топлива из разрушенного от удара топливопровода. Источником зажигания образовавшегося аэрозоля послужили, очевидно, ударные искры.

Выброс аэрозоля из случайно разгерметизировавшейся гидравлической системы высотного башенного крана в Санкт-Петербурге привел к вспышке и гибели нескольких монтажников крана. Дело произошло зимой, в сильный мороз, что не помешало вспышке аэрозоля. Источником зажигания послужила включенная для обогрева электропечь трамвайного типа.

Как и в случае с газо-воздушными смесями, в случае выброса аэрозоля могут возникнуть две пожаро- (взрыво-) опасные ситуации:

За счет выброса аэрозоля в объеме помещения сформируется взрывоопасная концентрация и после внесения в эту зону какого-либо источника зажигания произойдет *объемный взрыв*.

По сути, в данном случае будет иметь место процесс, характерный для так называемого «боеприпаса объемного взрыва» (БОВ) Один из видов БОВ – объемно-детонирующие системы (ОДС). По зарубежным классификациям такие системы называются FAX или FAE (fuel – air explosives).

В печати встречается также название «вакуумная бомба». Название это связано с ее специфическим действием, рассмотренным в разделе 13.2.

Типичный боезапас такой бомбы представляет собой энергоноситель, чаще всего в виде горючей жидкости, которая предварительным взрывом расплывается из сплошной жидкой массы во взвешенное паро-капельное состояние. Процесс взрывного диспергирования занимает не более нескольких секунд, а чаще – менее 1 секунды, после чего горючее облако зажигается вторичным инициатором – происходит взрыв в режиме детонации или быстрой дефлаграции [77].

Известно, что боеприпасы объемного взрыва считаются одними из самых разрушительных неядерных боеприпасов. Понятно, что если подобная «объемно-детонирующая система» сформировалась за счет случайных факторов, в результате аварии, нарушения технологии и т.д. – последствия могут быть аналогичными. В том числе, могут проявиться признаки, характерные для объемного взрыва (см. далее, раздел 13.13).

Дефлаграционное горение струи аэрозоля.

Здесь напрашивается аналогия с другим – огнеметом. Рассмотренный выше пример пожара, произошедшего в результате выброса горячей жидкости из гидравлической системы крана, относится именно к такой ситуации.

Приведем еще один пример – не из производственной, а уже бытовой сферы.

В главе 8 книги 1 маслonaполненные электрические радиаторы характеризовались как достаточно пожаробезопасные – по крайней мере, по сравнению с рядом других, имеющих открытые нагревательные элементы или относительно горячие поверхности корпуса. В данном случае, однако, упомянем об одном аварийном режиме работы, который у масляных радиаторов в принципе может иметь место и, как следует из сообщений в прессе, действительно имел место на практике. Самим авторам в экспертной деятельности не приходилось встречаться с такими случаями; не описаны, насколько нам известно, они в публикациях и экспертных заключениях коллег. Но сообщения о том, что масляные радиаторы «взрываются», проходили по телевидению и в электронной прессе. Сообщалось про бытовой пожар, на котором погибли двое детей. Свидетели рассказывали, что «горящее масло хлестало из радиатора».

Попытаемся разобраться, как такое могло произойти.

Владельцы радиатора рассказывали, ***радиатор до «взрыва» был негерметичен и из него подтекало масло.*** Этот ключевой момент в показаниях очень важен и многое объясняет.

Если предположить, что часть масла вытекла и, хотя бы частично, оголился ТЭН, то такой ТЭН – при несрабатывающей автоматике (а, может быть, и при срабатывающей, это надо разбираться) раскаляется значительно выше рабочих температур, поскольку рассчитан на жидкостное, а не воздушное охлаждение. Это может привести к вскипанию масла и вспышке паров с выбросом горящего масла в виде аэрозоля через уже имеющиеся отверстия. Избыточное давление может привести к дополнительному разрыву корпуса и увеличению струи горящего аэрозоля.

Масляные электрорадиаторы довольно популярное изделие, они просты в изготовлении и могут выпускаться на предприятиях с низким технологическим уровнем производства. Отсюда – плохо работающая автоматика, подтекающие корпуса и т.д.

Необходимо отметить, что близкий по предполагаемому механизму пожар уже упоминался в книге 1, а также в [79]. *Он произошел в 80-х годах на заводе «Севкабель» (Ленинград). Загорелась так называемая «бронировочная машина», в которой не уследили за уровнем масла, оголился верхний ТЭН, произошло вскипание, загорание и выброс горящего масла. Пожар приобрел характер крупнейшего по площади Петербургского (Ленинградского) пожара последних десятилетий.*

Взрывы при распылении аэрозольных препаратов

Современные препараты в аэрозольных упаковках с различными косметическими и бытовыми средствами представляют высокую и реальную пожарную опасность как на стадии возникновения пожара, так и на стадии его развития.

Начнём с объяснения некоторых терминов.

Аэрозольной упаковкой называют металлический, стеклянный или пластмассовый сосуд, укомплектованный клапаном, распылительной головкой и предохранительным колпачком, предназначенный для получения аэрозоля в виде струи [32].

Аэрозольный препарат – это содержимое аэрозольной упаковки, состоящее из основного продукта и так называемого «пропеллента».

Пропеллент – это сжиженный или сжатый газ, с помощью которого происходит эвакуация (выброс в атмосферу) основного продукта. Мировая борьба за сохранение озонового слоя атмосферы привела к практически повсеместной замене пропеллента с пожаробезопасных фреонов на горючие газы, находящиеся, к тому же, под давлением.

В качестве пропеллентов в баллончиках в настоящее время используют н-бутан; изобутан; пропан; диэтиловый эфир; Содержание их достигает 30-40% (масс.).

Кроме того, аэрозольные средства в составе основного продукта часто содержат этиловый и изопропиловый спирт – (до 40-50%).

В инсектицидных аэрозольных средствах может присутствовать керосин и другие горючие вещества.

В соответствии с НПБ 256-99 [32], препараты в аэрозольных упаковках классифицируются:

а) по уровням пожарной опасности – в соответствии с общей теплотой сгорания

- уровень 1 – менее 20 МДж/кг;
- уровень 2 – от 20 до 30 МДж/кг;
- уровень 3 – более 30 МДж/кг

б) по группам пожарной опасности – в соответствии с длиной распространения пламени по струе аэрозоля:

– группа 1 - длина распространения пламени более 0,45 м или существует «обратное» пламя, т.е. распространение пламени от источника зажигания к аэрозольной упаковке;

- группа 2 – 0,20-0,45 м;
- группа 3 – от 0,05 до 0,20 м;
- группа 4 – менее 0,05 м.

Из классификации ясно, что наибольшую опасность представляют средства группы 1 и уровня 3, причем у изделия группы 1 может быть очень опасное свойство, коим является «обратное» пламя.

Аэрозоли уровня 1 – это обычно средства, содержащие водорастворимые препараты и воду в качестве растворителя. Например, средство, содержащее 30% изобутана, 69% воды и 1% ароматизатора имеет расчетную теплоту сгорания 14,1 МДж/кг [32].

Типовой аэрозольный препарат уровня 3 (например, духи, туалетная вода), содержащий 29% изобутана, 60% этанола, 19% воды, 1% ароматизаторов, ингибитора коррозии и др., имеет теплоту сгорания 32,1 МДж/кг. [32]. Эта теплота сгорания – весьма значительная по величине. При массе (нетто) содержимого аэрозольного баллона 200-250 г, количество выделяемого тепла при сгорании его содержимого составит $(0,2-0,25) \times 32 = 6,4- 8,0$ МДж. Кроме того, учитывая, что сгорание, например при разгерметизации баллончика и вспышке произойдет практически мгновенно, выделяемая мощность будет весьма велика.

Отработка экспертной версии

Рассмотрим, как наиболее часто встречающуюся, версию возникновения пожара с участием аэрозольного баллона (баллонов). Такое возможно по нескольким сценариям, которые нужно учитывать при выдвижении и анализе данной версии.

1. Физический взрыв баллона при нагреве, деформации, попытке разборки и т.д. В случае наличия источника зажигания возможна вспышка. Если выброс содержимого баллона произойдет в закрытом объеме с образованием взрывоопасной концентрации – возможен взрыв.

В литературе приводится пример взрыва стиральной машины, куда случайно попала банка с ароматизатором для туалетов – банка упала с полки, хозяйка этого не заметила, загрузила белье и включила машину. Банка содержала 30-40% изобутана [12].

Характерным признаком такого развития событий является разорванный (деформированный) баллон в очаговой зоне.

2. Вспышка аэрозольно-паро-газовоздушной системы при выпуске аэрозоля в штатном режиме работы.

Аэрозольное облако может вспыхнуть при попадании в зону открытого пламени, на поверхность, имеющую температуру выше температуры самовоспламенения горючего содержимого баллончика.

Как и в случае загорания других ГПВС, наблюдается характерная особенность возникновения и динамика процесса – вспышка и быстрое развитие горения на начальном этапе.

Учитывая существование в отдельных случаях такого отмеченного выше эффекта, как «обратное пламя», возможны ожоги человека, в чьих руках находился баллончик и даже взрыв самого баллончика.

Отдельный вопрос – возможность загорания аэрозоля при контакте с тлеющим табачным изделием. Данные каких-либо экспериментальных исследований по данному вопросу в литературе отсутствуют. Но нам представляется, что такая возможность очень маловероятна. В главе 4 книги 1 приводились данные исследования возможностей зажигания от тлеющей сигареты различных газов и паров. И было показано, что зажигаются только вещества с минимальной энергией зажигания – сероуглерод, ацетилен, диэтиловый эфир. Не зажигались даже метан и пары бензина. Надо полагать, не зажгутся и аэрозоли и пары изобутана, этанола и других компонентов аэрозольных препаратов. Хотя, этот вопрос, конечно, требует серьезной экспериментальной проверки. Ведь тот же диэтиловый эфир, как отмечалось выше, может входить в состав, используемых в настоящее время, пропеллентов.

3. Взрыв на начальной стадии пожара или в ходе его развития.

При пожаре вскрывшиеся и загоревшиеся баллончики летают, как реактивные снаряды. Пожарные неоднократно наблюдали такое при тушении пожаров на складах и магазинах косметики, бытовой химии.

Аэрозольный баллон может взорваться и при локальном нагреве на начальной («скрытой») стадии пожара, причем так, что именно его будут считать первопричиной случившегося пожара.

Приведем пример такого пожара. *В туалете от брошенного окурка загорелась корзина, наполненная бумагами. Корзина тлела. Нагрелся стоящий рядом аэрозольный баллончик с освежителем воздуха. Баллончик взорвался, в туалете распахнуло и чуть не вырвало дверь. Свидетели говорят о хлопке, вспышке и уверены, что пожар начался именно с этого. Но при осмотре места происшествия была обнаружена истлевшая корзина, сосредоточенные локальные выгорания, свидетельствующие о длительности процесса. Стало ясно, что горение началось все-таки с корзины, а взрыв баллончика был вторичным.*

Подобный описанному выше ход событий мог иметь место, по мнению экспертов, при пожаре в здании Самарского ГУВД 10 февраля 1999 года. При пожаре погибли 57 человек. Развитию пожара на начальной стадии способствовал аэрозольный баллончик, выброшенный в мусорную корзину, в которую затем попал непотушенный окурочок.

4. Взрыв аэрозоля в объеме помещения.

Взрыв возможен при формировании взрывоопасной концентрации в замкнутом объеме. Для достижения такой концентрации нужно, чтобы были выпущены соответствующие количества аэрозоля. Поэтому целесообразно провести расчет возможности возникновения взрывоопасной концентрации.

Приведем пример такого расчета.

Зададим, для примера, следующие исходные данные:

– кухня размером 6 м², высота потолков 2,5 м.

– в кухне вскрылся или одновременно выпущен баллончик аэрозольный с освежителем воздуха, объем 300 мл, масса содержимого 239 г.

Предположим, что баллончик содержал, как в описанном выше примере со стиральной машиной, 40% масс. изобутана.

Масса изобутана в баллончике составляет:

$$M = 239,0 * 0,4 = 95,6 \text{ г}$$

Испарение данного количества изобутана приведет к образованию следующего его объема:

$$V_{\text{ис}} = (95,6 / 58) * 22,4 = 36,9 \text{ л}$$

где 58 – молекулярная масса изобутана, 22,4 – объем 1 грамм-молекулы в газообразном состоянии.

Объем кухни составляет:

$$V_{\text{к}} = 6,0 * 2,5 = 15,0 \text{ м}^3 = 15000 \text{ л}$$

Концентрация изобутана в объеме кухни (при условии его равномерного распределения) составит $(36,9 / 15000) * 100\% = 0,25\%$

НКПР у изобутана 1,8% об. Поэтому во всем объеме кухни взрывоопасной концентрации не будет и объемного взрыва не произойдет.

Если же, однако, представить ситуацию выпуска содержимого баллончика в более ограниченном объеме, как, например, в описанном случае со стиральной машиной, то взрыв, безусловно, возможен.

Возможен и взрыв при, соответственно, увеличении числа израсходованных баллончиков. Такое, как ни странно, вполне возможно. В литературе приводится пример взрыва на кухне жилого дома. Хозяйка дабы извести комаров, установила под раковиной 5 банок с инсектицидом, заклинила на них кнопки, чтобы шел газ, и закрыла дверь на кухню. Через некоторое время раздался взрыв [12].

Кроме того, нужно не забывать, что взрывоопасная концентрация, в принципе, может образоваться (учитывая, что пары компонентов аэрозолей в основном тяжелее воздуха) в локальной зоне в нижней части помещения. Хотя, конечно, распыление аэрозоля, в отличие от медленной утечки и испарения жидкости, способствует перемешиванию воздушной среды и снижает вероятность образования подобных зон.

Расчет геометрических параметров взрывоопасной зоны при необходимости можно провести аналогично задаче испарения жидкости (см. далее, подраздел 13.9).

Потребуется также установить потенциальный источник (источники) зажигания и его расстояние до пола (потенциальной зоны скопления паров, большинство из которых тяжелее воздуха).

5. Вспышка паров компонентов аэрозольного средства.

В состав аэрозольного средства могут входить горючие компоненты, которые продолжают выделяться в окружающую среду уже после распыления аэрозоля и тем самым могут создавать возможность вспышки даже через определенное время после распыления, когда горючий пропеллент уже рассеялся. Таким компонентом может быть, например, растворитель, испаряющийся из лакокрасочного покрытия, нанесенного с помощью аэрозольного баллончика, а также растворители различных клеев, мастик, герметиков и т.д.

В Санкт-Петербурге имел место интересный с экспертной точки зрения случай, связанный с применением монтажной пены – весьма распространенного в настоящее время строительного материала, выпускаемого в аэрозольных упаковках. Рабочий проводил герметизацию установленной в стене дверной коробки. Для этого он просверливал отверстия в деревянной стене, имеющей пустотную конструкцию, и вдувал в отверстия пену из аэрозольных баллон-

чиков. После нескольких таких операций, во время просверливания очередного отверстия, когда сверло попало во внутреннюю полость стены, раздался хлопок и внутри стены началось интенсивное горение, быстро распространяющееся и приведшее к серьезному выгоранию вновь построенного коттеджа.

Можно предположить, что в данном случае произошла вспышка паров растворителя, выделяющегося из свеженанесенной пены, с последующим горением самой пены и сгораемых внутренних конструкций стены. Источником зажигания могло послужить либо раскаленное сверло, либо фрикционные искры, возникшие при попадании сверла в шляпку гвоздя, самореза или иное твердое тело. Уточнить это можно было бы на стадии осмотра места пожара, что, к сожалению, сделано не было.

13.9. Розлив и испарение горючей жидкости

- Растекание пролитой жидкости по различным поверхностям
- Распределение паров по помещению
- Динамика образования взрывоопасных концентраций
- Образование «огненного шара»

По литературным данным, в СССР в период 1970-1989 гг. пары ЛВЖ участвовали в 15,5% случаев взрывов облаков ГПВС. Это меньше, чем углеводородные газы (42,5%), но больше, чем пыли органических продуктов (5,3%). В Великобритании из общего числа аварий с выбросом и образованием облаков ГПВС в 40% случаев облака состояли из углеводородов C_3 - C_4 [4].

В настоящее время опасность пожаров и взрывов, возникающих при работе с ЛВЖ (ГЖ), только возрастает. Так, в Российской Федерации число пожаров и взрывов на производствах с использованием легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в период с 1999 по 2009 год увеличилось почти в 15 раз [80].

Как известно, воспламеняется не сама жидкость, а ее пары. Это могут быть пары над зеркалом жидкости в какой-нибудь емкости, технологическом аппарате и т.д. Но чаще загоранию жидкости предшествует аварийная ситуация, связанная с ее розливом. Поэтому начнем с данных о растекаемости горючих жидкостей при разливе – от этого зависит площадь испарения и формирование взрывоопасной концентрации.

Растекание пролитой жидкости по различным поверхностям

Обычно при отсутствии более точных справочных данных считается (и принимается в расчетах), что площадь разлива на горизонтальной непитьвающей поверхности веществ, содержащих более 70% растворителей, равна 1 м^2 на 1 л жидкости, а менее концентрированных жидкостей – 1 л на $0,5 \text{ м}^2$ пола помещения [73]. Этими цифрами пользуются не только при проектировании для определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, но иногда и при экспертизе пожаров. Например, при осмотре места пожара и выявлении локальных прогаров и «кляксообразных» зон – характерных следов горения жидкостей – обычно из этого критерия ($1 \text{ м}^2 = 1 \text{ л}$) исходят при оценке количества разлитой и сгоревшей жидкости.

Конечно, такое допущение, весьма приблизительно. Условно понятие «непитьвающей» поверхности, многое зависит от физических свойств, как самой жидкости, так и поверхности, на которой она разлита. На ковре с высоким ворсом жидкость не разливается, а впитывается. Иное дело – линолеум или пол, покрытый керамической плиткой.

Экспериментально полученные данные о площадях разлива различных ЛВЖ по бетону, асфальту, грунту приведены в главе 3 книги 1 (стр. 66–67). Там же имеются формулы, необходимые для соответствующих расчетов.

Распределение паров по помещению

Пары ЛВЖ и ГЖ тяжелее воздуха. Так, например, плотность паров по воздуху у бутана = $58/29 = 2,00$; у гексана = $86/29 = 2,97$; у бензина = 3 – 4 и т.д.

Молекулярная масса определяет, как произойдет распределение паров по помещению. Если они тяжелее воздуха, пары имеют тенденцию скапливаться на уровне пола, могут уйти в подвал и т.д.

Еще будучи студентом, один из авторов этой книги наблюдал, как в химической лаборатории пару раз происходили вспышки диэтилового эфира. Эфир отгоняли одни студенты, пользуясь для нагрева, естественно, не открытым огнем, а горячими водяными банями. Но в той же лаборатории делали другую лабораторную работу другие студенты, пользуясь при этом газовыми горелками. И утекший при перегонке эфир, пройдя стелящимся облаком над полом, внезапно вспыхивал в нескольких метрах от места утечки, на рабочем столе, где стояла горелка. Никто, впрочем, не удивлялся и, все дружно бежали за песком и асбестовым одеялом, чтобы во главе с преподавателем тушить пламя.

Динамика образования взрывоопасных концентраций

Существуют различные методики и соответствующие формулы для расчета динамики испарения жидкости и формирования взрывоопасных концентраций.

В инженерных расчетах обычно предпочитают пользоваться методикой, приведенной ранее в НПБ 105-03, а в настоящее время в СП 12.13130.2009 [69]. Содержащиеся здесь полуэмпирические расчетные формулы позволяют производить расчет интенсивности испарения жидкости в помещении, как для неподвижного, так и подвижного воздуха, с учетом приточно-вытяжной вентиляции.

Основная расчетная формула:

$$W = \eta \cdot M^{1/2} \cdot P_H \cdot 10^{-6}, \quad (13.4)$$

где:

W – интенсивность испарения, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

η – поправочный коэффициент на температуру и скорость движения воздуха;

P_H – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа;

M – молекулярная масса вещества.

Для расчетов по формуле (13.4) поправочный коэффициент η берется из таблицы 13.13.

Таблица 13.13

Поправочный коэффициент на температуру и скорость движения воздуха [69]

Скорость воздуха, м/с	10 °С	15 °С	20 °С	30 °С	35 °С
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Давление насыщенного пара P_H определяется из уравнения Антуана:

$$\lg P_H = \frac{A - B}{(t + C)}, \quad (13.5)$$

где:

t – температура жидкости, °С;

A, B, C – эмпирические константы для данной жидкости.

Значения P_H и констант A, B, C для некоторых нефтепродуктов (бензин Б-70, дизельные топлива) приведены в главе 3 книги 1. Для некоторых индивидуальных веществ – в таблице 13.14.

Таблица 13.14

Молекулярные массы и константы уравнения Антуана некоторых жидкостей [24, 45]

Вещество	Молекул. масса	A	B	C
ацетон	58,1	7,2506	1281,7	237,1
бензол	78,1	6,9843	1252,8	225,2
гексан	86,2	6,8702	1166,3	223,7
глицерин	92,1	9,0526	3074,2	214,7
дихлорэтан	99,0	7,6614	1640,2	259,7
диэтиловый эфир	74,0	6,9979	1098,9	232,4
метиловый спирт	32,0	8,2278	1660,5	245,8
пропиловый спирт	60,1	8,3171	1752,0	225,1
толуол	92,1	6,9551	1345,1	219,5
циклогексан	84,2	6,6479	1095,5	210,1
этиловый спирт	46,1	8,6866	1918,5	252,1

Далее может быть учтено наличие в помещении вентиляции, а также рассчитана возможность образования взрывоопасной концентрации не во всем объеме помещения, а в какой-то локальной зоне, на высоте предполагаемого источника зажигания.

Поясним это на примере:

На бетонный пол кладовой $5 \cdot 6 \cdot 2,4 \text{ м}^3$, в котором часть объема ($b = 15\%$) занята стеллажами и банками с реактивами, упала банка с 5 литрами этилового спирта. Температура воздуха в помещении 20°C , атмосферное давление 740 мм. рт. ст.

Требуется определить, через какой промежуток времени после начала испарения концентрация паров этилового спирта в помещении достигнет НКПР, если все проемы закрыты и вентиляция отключена? Каковы будут размеры зоны, содержащей взрывоопасную смесь паров спирта с воздухом, через 1 час после начала испарения?

Решение.

1) В соответствии с [69], для 5 л разлитой жидкости принимаем площадь разлива

$$F = 5,0 \text{ м}^2.$$

2) В соответствии с формулой (13.5):

$$\lg P_H = \frac{A - B}{(t + C)} = \frac{7,8116 - 1918,5}{(20 + 252,1)} = 0,7609,$$

$$\text{откуда } P_H = 5,77 \text{ кПа}$$

3) Молекулярная масса этилового спирта $M=46,1$ поправочный коэффициент $\eta = 1$, поэтому в соответствии с формулой (13.4):

$$W = \eta \cdot M^{1/2} \cdot P_H \cdot 10^{-6} = 1,0 \cdot 5,77 \cdot 46,1^{1/2} \cdot 10^{-6} = 37,07 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}.$$

4) НКПР для паров этилового спирта равен $C_{\text{нкпр}} = 3,61\%$ об., или в пересчете на массовую концентрацию:

$$C_{\text{нкпр масс.}} = \frac{0,0361 \cdot 46,1}{22,4} = 0,0743 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

5) Поступающие в свободный объем помещения $V_{\text{св}} = V \cdot (1 - b)$ пары создают концентрацию:

$$C_n = \frac{M}{V \cdot (1 - 0,15)} = \frac{W \cdot F \cdot \tau}{0,85 \cdot V}$$

Отсюда время испарения, необходимое для достижения НКПР составляет:

$$\tau = \frac{C_{\text{нкпр масс.}} \cdot 0,85 \cdot V}{W \cdot F} = \frac{0,0743 \cdot 0,85 \cdot (5 \cdot 6 \cdot 2,4)}{39,07 \cdot 10^{-6} \cdot 5,0} = 23276 \text{ с} = 6,46 \text{ час}.$$

За это время испарится жидкости (спирта):

$$m_{\text{II}} = W \cdot F \cdot \tau = 39,07 \cdot 10^{-6} \cdot 5,0 \cdot 23276 = 4,54 \text{ кг}.$$

С учетом плотности жидкого этилового спирта (0,788 кг/дм³), это составляет $4,54/0,788 = 5,76$ л.

Таким образом, пролитых 5 л этилового спирта недостаточно для того, чтобы достичь НКПВ во всем объеме помещения.

Но это не значит, что не может произойти вспышка паров спирта – источник зажигания может оказаться в пределах локальной зоны пространства, где концентрация паров достигла и превысила НКПР.

6) Зона, содержащая взрывоопасную смесь паров спирта с воздухом можно представить в виде цилиндра, постепенно увеличивающегося по радиусу и высоте в процессе испарения жидкости. В начальный период основанием цилиндра служит покрытая разлитой жидкостью часть площади пола, равная 5 м² и имеющая условный радиус $R=1,26$ м.

7) Расчет радиуса указанного цилиндра для времени, равного одному часу, проводится по формуле (13.6):

$$R_{\text{нкпр}} = 3,1501 \cdot K^{1/2} \left(\frac{P_H}{C_{\text{нкпр}}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\text{II}}}{\rho_{\text{II}} \cdot P_H} \right)^{0,333}, \text{ м} \quad (13.6)$$

где:

$$\rho_{\text{II}} = \frac{M}{V_0} \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p), \text{ кг}/\text{м}^3;$$

V_0 – мольный объем, равный 22,413 м³·моль⁻¹;

$$\rho_{\text{II}} = \frac{M}{V_0} \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p) = \frac{46,1}{22,413} (1 + 0,00367 \cdot 20) = 1,912 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

K – коэффициент, равный $\tau/3600$;

τ – продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство: для ЛВЖ τ не более 3600 с;

$$R_{\text{испр}} = 3,1501 \cdot K^{1/2} \left(\frac{P_n}{C_{\text{испр}}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\text{II}}}{\rho_{\text{II}} \cdot P_n} \right)^{0,333} = 3,1501 \cdot \left(\frac{3600}{3600} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{5,77}{3,61} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{0,703}{1,912 \cdot 5,77} \right)^{0,333} = 3,1501 \cdot 1 \cdot 1,464 \cdot 0,399 = 1,84 \text{ м.}$$

Таким образом, радиус зоны с взрывоопасной концентрацией паров через 1 час (3600 с) после начала испарения составит 1,84 м от центра разлива (при условии, что форма площади разлива близка к кругу).

8) Высота цилиндрической зоны рассчитывается по формуле (13.7):

$$Z_{\text{испр}} = K_3 \cdot H \cdot \left[K_2 \cdot \ln \cdot \left(\frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{испр}}} \right) \right]^{0,5}, \quad (13.7)$$

где:

H – высота помещения, м;

K₃ – коэффициент, выбираемый по таблице 13.15.

Таблица 13.15

Значения коэффициента K₃ для расчёта размеров взрывоопасной зоны

характер среды	Газ	Жидкость
неподвижная	0,02530	0,04714
подвижная	0,02828	0,3536

$$C_0 = C_n \cdot \left(\frac{m_{\text{II}} \cdot 100}{C_n \cdot \rho_n \cdot V_{\text{св}}} \right)^{K_4}, \quad (13.8)$$

где:

$C_n = \frac{100 \cdot P_n}{P}$ – отношение давления насыщенных паров жидкости при заданной температуре к атмосферному давлению;

m_{II} – масса испарившейся жидкости, кг;

$\rho_{\text{II}} = \frac{273 \cdot M}{22,41 \cdot T}$ – плотность насыщенных паров (кг/м³) вещества с молекулярной массой M при заданной температуре (T, K);

K₄ – коэффициент, равный 0,41 в неподвижной среде и 0,46 – в подвижной;

K₂ – коэффициент, равный для жидкостей τ/3600;

τ – время испарения (с) жидкости в объем помещения, не должно превышать 3600 с;

δ – коэффициент, равный для жидкостей 1,26.

$$K_2 = \frac{3600}{3600} = 1; K_3 = 0,04714; K_4 = 0,41; \delta = 1,26;$$

$$C_n = \frac{100 \cdot P_n}{P_a} = \frac{100 \cdot 5,77}{98,63} = 5,85;$$

$$C_0 = C_n \cdot \left(\frac{m_{\text{II}} \cdot 100}{C_n \cdot \rho_n \cdot V_{\text{св}}} \right)^{K_4} = 5,85 \cdot \left(\frac{0,703 \cdot 100}{5,85 \cdot 1,912 \cdot 61,2} \right)^{0,41} = 5,91;$$

$$Z_{\text{испр}} = K_3 \cdot H \cdot \left[K_2 \cdot \ln \cdot \left(\frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{испр}}} \right) \right]^{0,5} = 0,04714 \cdot 2,4 \cdot \left[1 \cdot \ln \left(\frac{1,26 \cdot 5,91}{3,61} \right) \right]^{0,5} = 0,096 \text{ м} = 9,6 \text{ см.}$$

Таким образом, в неподвижной среде расчетная высота зоны взрывоопасной концентрации составляет всего **9,6 см**.

В работе [68] приводятся результаты расчетов взрыво-пожароопасной ситуации, складывающейся в помещении при разливе самого популярного спиртового раствора – **водки**.

Рассчитывался минимальный удельный безопасный объем помещения $\Delta V_{\text{без}}$, в котором расчетное избыточное давление взрыва составит 5 кПа в случае разлива 1 л серокоградусной водки. Расчеты проводились по алгоритму, заложенному в НПБ 105-03 для температур воздуха от +22 до +45 °С.

Оказалось, что при скорости воздушного потока, равной нулю, в зависимости от температуры воздуха удельный безопасный объем помещения находится в интервале 9,4-35,3 м³. При скорости воздушного потока ($w_{\text{возд}}$) 0,1 и 0,2 м/с нижняя граница $\Delta V_{\text{без}}$ поднимается до 21,50 и 31,26 м³ соответственно, в то время, как расчетный прирост верхней границы $\Delta V_{\text{без}}$ составляет 0,50 и 4,62 м³. За расчетное время испарения (3600 с) весь этанол, содержащийся в 1 л водки (0,313 кг) переходит в парообразное состояние.

Авторы [68] приводят формулы для расчёта $\Delta V_{\text{без}}$ в зависимости от абсолютной максимальной температуры воздуха t (r^2 – коэффициент корреляции):

$$\begin{aligned} \lg(\Delta V_{\text{без}}) &= 0,0250 \cdot t + 0,4321 \quad (r^2 = 0,999) \text{ при } w_{\text{возд}} = 0; \\ \lg(\Delta V_{\text{без}}) &= 9,874 \cdot 10^{-3} \cdot t + 1,142 \quad (r^2 = 0,954); \\ \lg(\Delta V_{\text{без}}) &= 3,465 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 3,309 \cdot 10^{-2} \cdot t - 0,770 \quad (r^2 = 0,999) \text{ при } w_{\text{возд}} = 0,1 \text{ м/с}; \\ \lg(\Delta V_{\text{без}}) &= 2,631 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 - 2,945 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 0,110 \cdot t \quad (r^2 = 0,999) \text{ при } w_{\text{возд}} = 0,2 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Обратим внимание, что движение воздуха, как видно из приведенных выше примеров, резко увеличивает интенсивность испарения, что нужно учитывать при расчётах по конкретным экспертным ситуациям.

Тем не менее, определенное время для заполнения всего помещения парами, всё же, необходимо. И если, судя по известным обстоятельствам пожара, это произошло слишком быстро, практически мгновенно, значит, что-то «помогло» жидкости испариться, диспергироваться в объеме помещения. Это может быть физический взрыв емкости с жидкостью, выброс жидкости под давлением, произошедшее случайно или устроенное преднамеренно.

Одним из пожарно-технических экспертов приводился пример средства поджога – связки из 4-х пластиковых бутылок, заполненных смесью растворителя 646 и бензина, а в центре между ними находился металлический цилиндр с порохом и детонатором в виде лампочки без колбы. Бутылки были залиты на 1/3 объема. К цилиндру в качестве таймера был присоединен будильник.

В ситуациях массового (залпового) выброса в атмосферу, испарения и воспламенения паров горючей жидкости возможно образование так называемого «огненного шара».

Образование «огненного шара»

При разлинии ЛВЖ и ГЖ (углеводородов, в частности) и их испарении часто образуется облако ГПВС, переобогащенное топливом. Такое облако не детонирует, а интенсивно горит, образуя так называемый «огненный шар». Процесс этот более вероятен еще и потому, что для большинства углеводородов концентрационные пределы распространения пламени их ГПВС шире, чем детонации. Аналогичные процессы происходят после взрыва газо- (паро)воздушных смесей, переобогащенных топливом. Продукты взрыва догорают в окружающем воздухе. Такое имело место при аварии на продуктопроводе под Уфой 4 июня 1989 года, о которой мы уже упоминали ранее.

Поражающее действие «огненного шара» определяется интенсивностью его теплового излучения.

Температура «огненного шара» зависит от горючего вещества. При горении ракетных топлив она составляет около 2500 К (2200⁰С), горючих газов – около 1350 К (1100⁰С).

Обычно «огненный шар» быстро достигает максимального размера, который сохраняется весь период его существования.

На рис. 13.15 и 13.16 приведены зависимости максимального радиуса «огненного шара» и длительности его теплового действия от массы топлива. Графики построены и приведены в [65] по данным различных авторов.

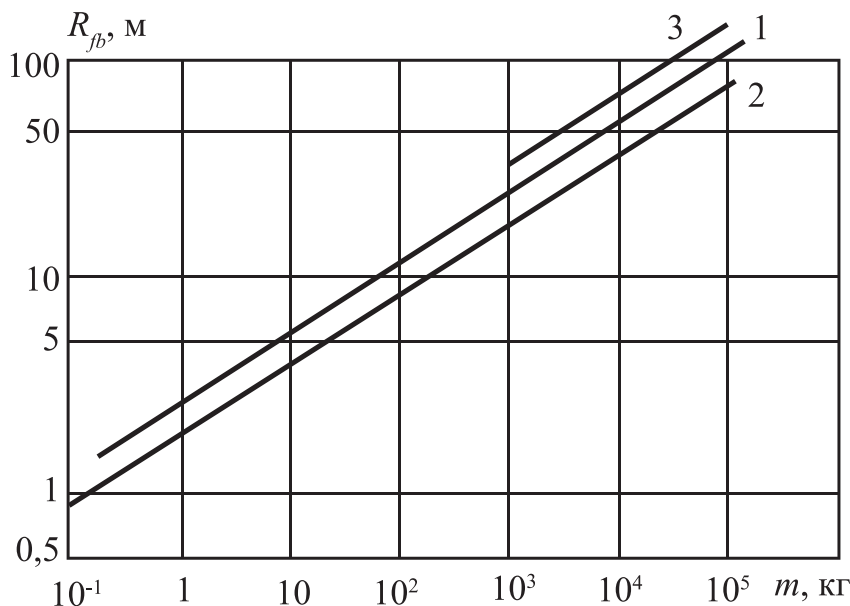


Рис. 13.15. Максимальный радиус «огненного шара» [65]

Аппроксимационные зависимости, построенные по экспериментальным данным:

- 1- бензин, керосин, дизтопливо (детонация);
- 2 – бензин, горение;
- 3 – дизтопливо (горение)

Диаметр «огненного шара», время его существования, а также возможность загорания от его теплового воздействия различных объектов, может определяться и расчетным путем. Ниже приводятся формулы для расчета и пример расчёта параметров «огненного шара» по двум методикам – Бейкера и компании Dow Chemical (США).

Расчет радиуса огненного шара и времени его существования:

По Бейкеру (приводится по данным [4]):

$$R_0 = \frac{1}{2} \cdot A_1 \cdot M^\alpha, \text{ м};$$

$$t = A_2 \cdot M^\beta, \text{ с},$$

где:

M – масса испарившегося продукта, кг.

A₁, A₂, α, β – коэффициенты.

Для различных горючих веществ - сжиженного нефтяного газа, жидкого ракетного топлива и др.

эти коэффициенты достаточно близки:

$$\begin{aligned} A_1 &= 3,76...3,86 & A_2 &= 0,258...0,299 \\ \alpha &= 0,325...0,320 & \beta &= 0,349...0,320 \end{aligned}$$

2) По методике компании Dow Chemical (США) (приводится по [4]):

$$R_0 = 29 \cdot M^{\frac{1}{3}};$$

$$\tau = 4,5 \cdot M^{\frac{1}{3}},$$

где:

M – половина вместимости емкости по массе, т.

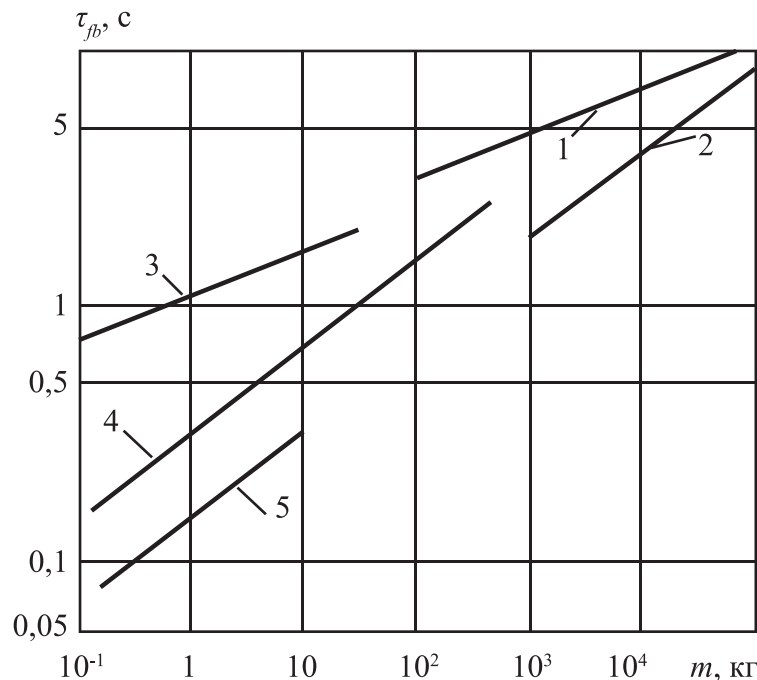


Рис. 13.16. Длительность теплового действия «огненного шара» различных ТВС [65]

- 1 – бензин Б-70, дизтопливо ДТЛ (горение);
- 2 – дизтопливо, бензин, керосин (детонация);
- 3 – метан;
- 4 – пропилен (BLEVE)
- 5 – пропан (детонация).

Расчет возможности загорания объектов от огненного шара:

Поток излучения q , падающий на какой-либо объект, определяется по формуле [4]:

$$q = E \cdot F \cdot T_p, \text{ кВт/м}^2, \quad (13.9)$$

где:

E – мощность поверхностной эмиссии огненного шара, кВт/м²;

F – коэффициент, учитывающий угол падения;

T_p – проводимость воздуха.

Для баллонов, горизонтальных и вертикальных резервуаров E= 270 кВт/м², для шарообразных сосудов – 200 кВт/м².

$$F = \frac{R_0^2 \cdot r}{[R_0^2 + r^2]^{3/2}},$$

$$T_p = 1 - 0,058 \cdot \ln r,$$

где $r > 2R_0$ – расстояние по горизонтали до объекта.

Импульс теплового излучения Q , кДж/м², определяется по формуле (13.10):

$$Q = q \cdot t; \quad (13.10)$$

Воспламенение различных материалов зависит от теплового импульса и его длительности. Минимальная величина импульса, вызывающая воспламенение древесных материалов, составляет примерно 0,4 МДж/м².

Рассчитаем для примера ситуацию взрыва газового баллона (емкость 5 л, масса пропан-бутана 2 кг) и возможность загорания деревянной стенки на расстоянии 10 м от места взрыва баллона.

При условиях полного испарения содержимого баллона (наиболее жестких), получаем:

1) По Бейкеру:

$$R_0 = \frac{1}{2} \cdot 3,8 \cdot 2^{0,32} = \frac{1}{2} \cdot 3,8 \cdot 1,24 = 2,39 \text{ м};$$

$$\tau_{шара} = 0,28 \cdot 2^{0,335} = 0,35 \text{ с}.$$

По Dow Chemical:

$$R_0 = 29 \cdot M^{\frac{1}{3}} = 29 \cdot 0,001^{\frac{1}{3}} = 2,9 \text{ м};$$

$$\tau_{шара} = 4,5 \cdot M^{\frac{1}{3}} = 4,5 \cdot 0,001^{\frac{1}{3}} = 0,45 \text{ с}.$$

$$2) F = \frac{R_0^2 \cdot r}{[R_0^2 + r^2]^{\frac{3}{2}}} = \frac{2,9^2 \cdot 10}{[2,9^2 + 10^2]^{\frac{3}{2}}} = \frac{84,1}{108,4^{\frac{3}{2}}} = \frac{84,1}{1128,6} = 0,0745;$$

$$T_p = 1 - 0,058 \cdot \ln r = 1 - 0,058 \cdot \ln 10 = 1 - 0,133 = 0,867;$$

$$q = E \cdot F \cdot T_p = 270 \cdot 0,0745 \cdot 0,867 = 17,43 \text{ кВт/м}^2;$$

$$Q = q \cdot \tau = 17,43 \cdot 0,45 = 7,84 \text{ кДж/м}^2.$$

Учитывая, что как отмечалось выше, для загорания древесного материала необходимо 0,4 МДж/м² (400 кДж/м²), стенка, расположенная в 10 м от места взрыва баллона, не загорится.

Более подробные сведения об образовании и характеристиках «огненных шаров» читатель, при необходимости, сможет найти в [65].

13.10. Взрывы в емкостях с ЛВЖ (ГЖ)

Взрывы паров ЛВЖ (ГЖ) периодически происходят при их хранении в различных стационарных емкостях (резервуарах), при транспортировке в автомобильных и железнодорожных цистернах, танках морских и речных судов, при сливе и заполнении указанных емкостей, перекачке ЛВЖ (ГЖ). Происходят подобные инциденты и при проведении ремонтных работ на резервуарах, трубопроводах. Механизм и характерные особенности подобных взрывов уже обсуждались в главах 4 (термические источники зажигания), 7 (Пожароопасные аварийные режимы в электрооборудовании), 9 (Электрогазосварка и газорезка), 10 (Статическое электричество) книги 1.

К сказанному мало что можно добавить. Заметим единственное. Разбираясь в рамках экспертного исследования с тем, что послужило в данном случае горючей средой и источником

зажигания, желательнее обращать внимание не только на подробности самого инцидента, но и на обстоятельства, ему предшествующие. В частности, на степень заполнения емкости ЛВЖ (ГЖ), а также на такие «мелочи», как чистота цистерны и возможность наличия в ней остатков иных жидкостей.

Для иллюстрации данного тезиса вернемся к случаю взрыва на Петербургском нефтяном терминале, произошедшем в 2005 года, который был описан в главе 5.

Взрыв произошел в момент вскрытия рабочим люка цистерны, наполненной летним дизельным топливом. Судя по известным обстоятельствам взрыва, источником зажигания послужила, вероятнее всего, фрикционная искра, возникшая при ударе ножницами по металлу о корпус цистерны в момент перекусывания ножницами металлического тросика с пломбой, которыми был опечатан люк цистерны. Непонятно было только, что послужило горючей средой – ведь дизельное топливо данной марки относилось к категории ГЖ и должно иметь температуру вспышки выше 40°C. Следовательно, концентрация паров ДТ в цистерне должна была быть ниже НКПР. Пришлось затребовать пробу дизтоплива на анализ. Он показал, что в дизтопливе содержится примесь углеводородов бензиновой фракции, что, собственно, и могло обеспечить образование над поверхностью дизтоплива в цистерне взрывоопасной концентрации.

На подобные проблемы, связанные с обращением различных по пожароопасным свойствам ЛВЖ (ГЖ), указывалось рядом авторов – В.Б. Улыбиным [85], Б.Е. Гельфандом [33] и др. Так, в [33] авторы обращают внимание на то, что в реальной жизни один и тот же бензовоз перевозит попеременно то бензин, то дизельное топливо. То же происходит с железнодорожными цистернами. Дизтопливо является хорошим абсорбентом паров бензина и даже применяется в качестве последнего в установках для утилизации паров. Экспериментально показано, что для улавливания летучих углеводородов бензиновой фракции из 1 м³ паровоздушной смеси с концентрацией до 50% достаточно 20–25 л дизельного топлива. Остаточное количество легких углеводородов в паровоздушной смеси после контакта с дизельным топливом устанавливается в пределах 2-10% об. Практически это соответствует взрывоопасной концентрации паров бензина. Таким образом, при наливке дизельного топлива в ёмкость, где ранее находился бензин, и концентрация его паров была выше ВКПР, концентрация паров бензина снижается и может достичь пределов взрывоопасности. Такая взрывоопасная концентрация поддерживается в течение длительного времени при наливке и хранении (перевозке) [33].

Описанный механизм взаимодействия паров бензина с дизельным топливом вполне объясняет, каким образом в описанной инциденте на Петербургском нефтяном терминале могли сложиться условия, необходимые для взрыва.

Авторы [33] приводят примеры нескольких взрывов, обстоятельства которых укладываются в описанную версию.

- *В марте 2003 года произошел взрыв на складе нефтепродуктов ЗАО «Топливо – заправочная компания» (Кузнецк) Взрыв произошел при перекачке дизтоплива из одного резервуара в другой. Ранее в резервуаре находился бензин (предполагаемый источник зажигания – разряд статического электричества).*
- *В сентябре 2006 года в ООО «Ульяновск-терминал НК «ЮКОС» при наливке дизельного топлива в автоцистерну произошел «хлопок» паров в горловине автоцистерны и возник пожар.*
- *В декабре в ОАО «Лукойл-Ухтанефтепереработка» на участке по отгрузке нефтепродуктов во время залива дизельного топлива в автоцистерну произошел взрыв с последующим воспламенением.*
- *Подобных взрывов в данном ОАО произошло два в течение 2-х недель. В обоих случаях дизельным топливом наполнялась автоцистерна, которая до этого перевозила бензин.*

Обращается внимание на то, что нередко подобные взрывы происходят при температуре окружающей среды ниже 0°C.

В связи с вышеизложенным, вероятно, нелишне будет ещё раз напомнить экспертам и о проблеме «пустых емкостей из-под ЛВЖ», которые более взрывоопасны, чем заполненные.

Измерения концентрации паров в емкостях, где хранится или перевозится бензин, показали, что после его слива из емкости концентрация паров в ней зависит от температуры окружающей среды и находится в пределах от 15 до 50% об. [33]. При операции слива бензина из ёмкости концентрация паров снижается в начальной стадии слива, но в последствие с течением времени восстанавливается за счёт сохранившихся остатков и пленки на стенках.

Если из емкости слили бензин и негерметично ее закрыли, то концентрация паров за счет диффузии и вентиляции постепенно снижается, достигая взрывоопасного значения. Поэтому в автоцистернах, железнодорожных цистернах, резервуарах люки должны быть закрыты, а дыхательные клапаны находиться в исправном состоянии, чтобы обеспечить герметизацию затворов в пределах рабочего давления и сохранить в резервуаре безопасную концентрацию паров выше ВКПР.

Скорость слива ЛВЖ из емкостей должна быть такой, чтобы концентрации взрывоопасных паров не опускались до пределов взрывоопасной области. Лучше всего это обеспечивается возвратом паров через специальный трубопровод, соединяющий емкость, из которой выливается ЛВЖ, с приемной емкостью. Считается, что данная технология наиболее безопасна при сливе и наполнении цистерн, резервуаров, в том числе при заправке автомобилей на АЗС (так называемая «балансовая технология») [33].

Нужно заметить, что происхождение паров ЛВЖ может быть самое различное. Так, например, это могут быть пары растворителя краски, которой покрыли внутренние поверхности ёмкости.

Подобный инцидент имел место в одном из северных городов, куда с завода-изготовителя были доставлены два резервуара. Они простояли в герметично закрытом состоянии несколько месяцев, а затем один из них начали готовить к установке в цехе. При этом стали варивать в стену резервуара фланец трубопровода. В момент, когда пламя сварки проплавило стенку, произошёл взрыв. Резервуар изнутри был окрашен эмалью на основе органического растворителя. Видимо, на заводе-изготовителе резервуар герметично закрыли раньше, чем слой эмали полностью высох. Не открыли и не проветрили ёмкость и перед началом сварочных работ по её установке.

13.11. Горение и взрывы пылей

- Взрывоопасность пылей
- Физические свойства пылей и их взаимосвязь со взрывоопасными характеристиками
- Взрывоопасные свойства пылевых аэрозолей различных веществ и материалов
- Некоторые особенности взрывов пылей
- Некоторые наиболее опасные технологические процессы, аппараты, источники зажигания

Пыль – это твёрдое вещество, диспергированное в газообразной среде. Она образуется в результате механического измельчения твёрдых тел (при дроблении, истирании и т. д.) или воздействия на них аэродинамических сил (при распылении) [34-37].

Пыль взвешенная в воздухе называется *аэрозодем (аэровзвесью)*; пыль, осевшая из воздуха – *аэрогелем*.

Аэрозоли по своим свойствам занимают промежуточное место между аэрогелями и гомогенными газовыми смесями. Сходство с аэрогелями состоит в том, что они являются гетерогенными диспергированными системами с одинаковой твёрдой фазой. Поведение аэрозолей, так же как и аэрогелей, определяется физико-химическими свойствами твёрдой фазы, которой присущи свойства мелкодиспергированных частиц [37].

Аэрозоли характеризуются теми же параметрами пожаро-взрывобезопасности, что и газовые смеси – концентрационными пределами воспламенения, МВСК, минимальной энергией зажигания, максимальным давлением взрыва, скоростью нарастания давления [34, 38].

Взрывоопасность пылей

Взрывы пыли возможны в мукомольном производстве, на зерновых элеваторах (взрывы мучной пыли), при обращении с сахаром, сухим молоком, другими сухими продуктами, находящимися в мелкодиспергированном виде.

Взрывы пыли случаются с зерновой и древесной пылью, углеродными материалами, такими, как каменный уголь и древесный уголь, химикатами, лекарствами, такими, как аспирин и аскорбиновая кислота (витамин С); красителями и пигментами; мелкоизмельченными пластмассами и синтетическими смолами, такими, как синтетический каучук.

Способны к взрывному горению аэрозоли металлов, таких, как алюминий, магний и титан и др. [2, 4].

По данным зарубежных источников, из 1120 взрывов пылевоздушных смесей на производствах, 540 произошло при работах с зерном, мукой, сахаром и другими пищевыми продуктами, 80 – с металлами, 63 – с угольной пылью на установках дробления топлива, 33 – с серой, 61 – в химической и нефтеперерабатывающей промышленности [43].

Взрыв пыли – это быстрое сгорание аэрозоля, в результате которого возникает повышенное давление, обусловленное мгновенным выделением тепла и газообразных продуктов. Поэтому можно считать, что в мелко диспергированном состоянии способен взрываться любой горючий материал, находящийся в виде аэрозоля.

Необходимым условием для возникновения взрыва пыли является, как и в случае ГПВС, наличие горючего с концентрацией в пределах воспламенения и источника зажигания.

Взрывы пылей в основном происходят по **дефлаграционному** механизму (взрывное горение) Давление, возникающее при таком взрыве, сопровождается волной сжатия, скорость распространения которой в окружающей среде может изменяться от нескольких см/с до нескольких сотен м/с. Быстрое нарастание давления взрыва является в большинстве случаев достаточным для разрушения и повреждения оборудования.

Максимальное давление взрыва аэрозолей органических веществ достигает 600-700 кПа, а у некоторых веществ в режиме дефлаграционного горения – до 800 и даже 900 кПа [34].

Переход к **детонации** возможен в длинных штольнях шахт, на конвейерных линиях зернохранилищ большой протяженности за счет турбулизации пыли. Опасность взрыва пыли усиливается, если первоначальная вспышка пыли местного характера взвихривает, приводит в состояние аэрозоля значительное количество осажённой пыли, находящейся в состоянии аэрогеля. В этом случае взрыв может распространяться до тех пор, пока имеется горючий материал. Именно эта особенность отличает взрыв пыли от взрыва горючих газов и паров, а также жидкостных аэрозолей.

Весьма опасен аэрозоль, в котором находится в диспергированном состоянии горючая пыль, а газообразная фаза ещё содержит горючие газы и пары. Более высокая чувствительность такого аэрозоля к воспламенению легко приводит к разрушительному комбинированному взрыву пыли и газа (взрывы в угольных шахтах) [36].

Возможна и ситуация, когда возникновение облаков аэрозолей из осевшей ранее пыли (аэрогеля), их воспламенение и взрыв возбуждаются первичным слабым взрывом какой-либо газовой смеси, например, в шахтах – взрывом метана [4].

Физические свойства пылей и их взаимосвязь со взрывоопасными характеристиками

Основными параметрами, характеризующими физические свойства пылей, являются дисперсный состав (крупность частиц), удельная поверхность, форма частиц, объёмная (насыпная) и истинная плотности, порозность (объёмная доля пустот), теплопроводность, теплоёмкость, влажность, гигроскопичность, электризуемость, подвижность [34, 37].

Остановимся более подробно на характеристиках пыли и внешних условиях, определяющих взрывоопасность пылей в первую очередь.

Размер частиц

Чем меньше частица, тем легче она переходит во взвешенное состояние, дольше остается во взвеси, легче загорается и быстрее сгорает. С уменьшением размера частиц снижается минимальная энергия зажигания, а также температура самовоспламенения [34].

Так как реакция горения происходит на поверхности частицы пыли, скорость подъема давления, создаваемого при горении, также во многом зависит от поверхности рассеянных частиц пыли. Поэтому, чем мельче пыль, тем сильнее взрыв. Для данной массы пыли общая сумма поверхности и, следовательно, сила взрыва тем больше, чем диаметр частицы меньше.

Крупная пыль труднее воспламеняется и обеспечивает меньшую скорость роста давления при зажигании [40].

В общем, считается, что *опасность взрыва сгораемой пыли может существовать, когда частицы имеют в диаметре 420 мкм или меньше* [2]. По ГОСТ 12.1.041-83 – менее 850 мкм.

Концентрация

Концентрация пыли в воздухе имеет большое влияние на воспламеняемость и силу взрыва. Как и в случае горючих паров и газов, существует минимум концентрации пыли, требующийся для распространения реакции горения. Минимальные концентрации (НКПР) могут колебаться от 10-15 г/м³ до 1000 г/м³ (см. таблицу 13.17). Однако, в отличие от большинства газов и паров, у пылей нет реального максимума концентрации, при которой возможен взрыв (ВКПР) [34].

Взрывоопасными принято считать пыли, нижний концентрационный предел которых лежит ниже установленной нормы (65 г/м³).

Подобно газам и парам скорость подъема давления и максимум давления при взрыве пыли выше, если концентрация пыли перед взрывом представляет собой оптимальную величину или близка к ней.

Обычно максимальные давления наблюдаются при концентрациях, превышающих стехиометрическую [4]. В [40] отмечается, что наибольшее давление развивается при концентрации пыли порядка 500 г/м³, что для многих органических материалов примерно вдвое больше стехиометрического значения и в 5-10 раз больше НКПВ.

Скорость горения и максимум давления уменьшаются, если горючая смесь очень богата горючим или очень бедна. Скорость подъема давления и давление взрыва, очень низкие при нижнем пределе взрыва и при очень высоких концентрациях горючего [2].

Турбулентция в смеси пыли и воздуха сильно увеличивает скорость горения и скорость подъема давления. Форма и размер ограничивающей емкости могут иметь большое значение для силы взрыва пыли из-за турбулентности. Пример – засыпание зерна с большой высоты в большое пустое хранилище [2].

Влажность

Увеличение влажности частиц пыли, как правило, увеличивает минимум энергии, требуемой для зажигания, а также температуру зажигания пылевой суспензии.

НКПР аэрозолей у органических веществ линейно возрастает с увеличением влагосодержания частиц примерно до 15%.

После достижения предельной величины влажности пылевая суспензия не загорается.

В [34] отмечается, что при 20-25% влаги в аэрозоле он становится практически невзрывоопасен.

Однако, если загорание уже произошло, влажность окружающего воздуха мало влияет на реакцию распространения взрывного горения.

Из вышесказанного следует, что при экспертном анализе возможности взрыва пыли необходимо ориентироваться не на влажность воздуха в момент взрыва (например, как часто бывает, по метеосводке), а на влажность собственно горючего вещества (пыли).

Состав пыли

Присутствие в горючих пылях инертных компонентов снижает их взрывоопасность (повышает НКПР, минимальную энергию зажигания, снижает максимальное давление взрыва и скорость его нарастания) [34]

Состав окислительной атмосферы

Содержание кислорода в атмосфере оказывает существенное влияние на взрывоопасность аэрозолей. Увеличение концентрации кислорода приводит к снижению температуры самовоспламенения пылевого облака [34] и резкой интенсификации горения.

Температура окружающей среды

С ростом температуры наблюдается монотонное снижение НКПР пыли вплоть до температур, при которых происходит самовоспламенение аэрозолей.

Минимальная энергия зажигания пыли

В [2] указывается, что взрывы пыли происходят от открытого пламени, от нитей накаливания электролампочек (надо понимать, при разрушении колб ламп), от сварки и резки, электрической дуги, разрядов статического электричества, искр от трения, от нагретой поверхности и самовозгорания.

Температура зажигания большинства видов пыли колеблется от 600°F до 1100°F (от 320°C до 590°C). Пыль, лежащая слоями, обычно имеет более низкую температуру зажигания, чем пыль, рассеянная в воздухе [2].

В большинстве случаев минимальная энергия зажигания у пылей значительно выше, чем у газа или паров горючего. Обычно она находится в пределах от 10 до 40 миллиджоулей [2]. Но у некоторых аэрозолей возможно загорание от источника с очень низкой энергией. Так, например, минимальная энергия зажигания аэрозоля красного фосфора примерно такая же, как у метановоздушных смесей, т.е. составляет десятые доли миллиджоуля [34].

Взрывоопасные свойства пылевых аэрозолей различных веществ и материалов

Параметры взрывов, а также значения НКПВ и температур самовоспламенения для некоторых видов пылей приведены в таблице 13.16.

Рассмотрим более подробно пожаровзрывоопасные свойства некоторых специфических видов пылей.

Аэрозоли металлов и неорганических веществ

Взрывоопасна пыль многих металлов (таблица 13.17). Обратим внимание на весьма низкую температуру самовоспламенения у аэрозоля бронзовой пудры, марганца, ферромарганца.

Взрывоопасны аэрозоли фосфора, серы и ряда других неорганических веществ.

Взрывоопасность аэрозолей серы снижается в присутствии паров воды. При увеличении содержания водяных паров в воздухе от 1 до 10% об. НКПР увеличивается более, чем втрое, а при содержании паров воды более 12% об. аэрозоли серы становятся невзрывоопасными [4].

Пластмассы

У порошков пластмасс достаточно высокие значения температур воспламенения и самовоспламенения. Даже у полимеров, у которых молекулы состоят из углерода и водорода, температуры воспламенения превышают 200°C [34]. У полиэтилена различных марок она составляет 200-350°C, полипропилена – 320-350°C, температура самовоспламенения – 350-450°C.

НКПР у большинства пластмасс относительно невелик – как правило, в пределах 20-100 г/м³. Те из них, у которых НКПР ниже 65 г/м³, как отмечалось выше, взрывоопасны.

Таблица 13.16

Взрывоопасные характеристики пылей некоторых веществ [4]

Горючая компонента	НКПВ, г/м ³	Тсв, °С	ΔPm, кПа	Pm, МПа/с
Пластмассы:				
Смола эпоксидная	20	540	647	90,2
Полистирол	25	488	720	37,0
Полиэтилен	12	440	560	37,0
Металлы:				
Титан	60	510	371	
Магний	25	490	500	
Алюминий	10	470	660	
Железо карбонильное	105	310	300	75,0
Железо восстановленное	66	475	250	103,5
Ферромарганец	130	240	330	138,0
Марганец	90	240	340	14,5
Цинк	480	460	350	
Бронзовая пудра	1000	190	300	
Сурьма	420	330	56	
Неорганические вещества:				
Фосфор красный	14	305	700	0,33
Сера	17	190	460	32,4
Кремний	100	790	530	8,23
Бор	100	400	630	
Органические вещества:				
Казеин	45	-	750	
Резиновая мука	74...79	377	550	
Люминофор зеленый	103	385	800	
Зернопродукты:				
Кукуруза		530	400	0,7
Овес		420	740	2,9
Пшеница		470	930	11,2
Рис, ячмень		420	740	2,9

Пестициды и красители

Пестициды – биологически активные вещества, применяемые для защиты растений, борьбы с насекомыми и другими вредителями и паразитами. Для бытовых целей они выпускаются в виде аэрозолей, реже – порошков, в сельском хозяйстве применяются в мелкодисперсном виде в многотоннажных количествах. Они представляют собой различные классы галоген-, нитро- и фосфорсодержащих органических соединений и неорганических веществ. Кроме действующего вещества (20-98%), в состав пестицидов входят наполнители и поверхностно-активные вещества. Большая часть пестицидов относится к группе горючих веществ. НКПР пламени по аэрозолям пестицидов колеблется в пределах от 15 до 300 г/м³ и выше; Аэрозоли некоторых пестицидов вообще невзрывоопасны. Минимальная энергия зажигания для многих препаратов превышает 100 мДж, однако аэрозоли некоторых пестицидов, особенно серосодержащих, могут воспламеняться искрой мощностью около 10 мДж и даже менее [34].

Столь широкие диапазоны взрывоопасных свойств существенно затрудняют работу пожарно-технического эксперта. Взрывы аэрозолей пестицидов возможны как на производстве, так и на складах, где они хранятся сотнями тонн. Но одной общей характеристики горючего продукта – пестицида (или его разновидности – гербицида, инсектицида, акарицида и т.д.) явно недостаточно для анализа ситуации и отработки версии. Надо, чтобы дознание (следствие) поднимало документацию и уточняло тип, марку препарата (тогда его свойства можно уточнить по справочнику), а также его содержание в смеси. Водные растворы, даже мелкодиспергированные, как правило, невзрывоопасны.

Показано также, что при содержании в готовой форме препарата менее 30% масс. аэрозоль становится невзрывоопасным [34].

Вышесказанное в полной мере относится к аэрозолям красителей. Они слишком различны по химическому составу и НКПР у них изменяется в пределах от 35 до 500 г/м³ и более. А аэрозоли фталоциановых красителей вообще невзрывоопасны. В широких пределах меняется и энергия зажигания. Температура самовоспламенения аэрозолей большинства красителей находится в пределах 400-680 °С, но у некоторых снижается и до 330-380 °С. Поэтому при экспертном исследовании, как и в случае с пестицидами, фармпрепаратами, и большинством других органических пылей, требуется уточнение типа, марки препарата, состава смеси и т.д.

Текстильные пыли

Важнейшими характеристиками, определяющими пожаровзрывоопасные свойства текстильных пылей, являются их дисперсный состав и удельная поверхность. Волокнистые пыли, образующиеся в текстильном производстве, это грубодисперсные системы, состоящие из частиц, различных по форме и величине. При рассеивании на фракции они обычно разделяются на 2 составляющие – собственно пыль и волокнистую массу.

Благодаря развитой сети пор, такие пыли хорошо сорбируют влагу. Лучше всего ее поглощают целлюлозные (вискоза) и белковые (шерсть) волокна, а хуже всего – волокна из синтетических полимеров.

Кроме горючей составляющей, пыли, образующиеся на предприятиях текстильной промышленности и т.п. предприятиях, содержат и негорючие минеральные примеси.

Экспериментально показано, что текстильные аэрозоли зажигаются электрическим разрядом. Причем пыль от смесевых тканей лучше, чем чисто шерстяных или вискозных, хлопчатобумажных.

Аэрозоли химических волокон более чувствительны к воспламенению от искры электрического разряда, чем аэрозоль шерсти. Увеличение же средних размеров частиц не приводит к существенному изменению минимальной энергии и заряда зажигания. Гигроскопическая влажность аэрозолей шерсти и вискозы и содержание негорючих примесей также не оказывают существенного влияния на необходимые для воспламенения энергетические характеристики источника зажигания.

Зерновая пыль

Пыль – неизбежный спутник транспортировки и переработки зерна. По данным 80-х годов, в мире ежегодно происходят 400-500 взрывов зерновой пыли, часто с катастрофическими последствиями [41, 53].

Отмечается, что число взрывов в зерновом хозяйстве по различным данным составляет от 24 до 42% от общего числа взрывов [42]. В ФРГ на сельское хозяйство приходилось 24% взрывов, в США 30% [43]. По тяжести последствий такие взрывы на втором месте в мире после взрывов в шахтах.

В США из общего количества 15000 зерновых элеваторов каждый год происходят пожары в 2900. За 50 лет взрывы в среднем произошли в каждом восьмом-девятом элеваторе. При этом по американским данным, среднегодовое число взрывов в хранилищах, мельницах и на фабриках концентратов постоянно увеличивается [44].

До 70% взрывов пыли происходит в транспортном оборудовании и размалывающих установках [43].

При подготовке и перевозке пшеницы в пыль превращается около 0,1% ее общего количества. Зерновая пыль содержит 5-11% воды, 30-70% крахмала, 6-20% белков, 1-4% жиров, 5-40% золы и 7-15% волокнистых веществ в зависимости от вида зерна. Объемная масса пыли обычно находится в пределах 150-300 кг/м³, обычный размер частиц 15-120 мкм, удельная поверхность 0,6-2,0 м²/г. Теплота сгорания зависит от содержания органических веществ и чаще всего равна 8-17 кДж/г [41].

Пожароопасные характеристики зерновой пыли можно примерно оценить по приводимым в справочниках характеристикам зерновой муки (таблица 13.17)

Таблица 13.17

**Пожароопасные характеристики зерновой муки
(при определенной дисперсности, влажности, зольности) [14, 45]**

мука	дисперсность, мкм	влажность, (зольность) % масс.	T воспл., °C	T самовоспл., °C	НКПР, аэровзвеси, г/м ³	E _{min} , мДж
кукурузная	100-160	0			37	46,4
		8,4			83	
		2,9				
		10				
овсяная		9,7 (3,0)			25	
пшеничная	< 100	13,6	250	380	10-35	6,4
		2				
		11				
ржаная	< 50	10-15		410-470	67	5,5
рисовая	< 250	9,6	315	405	53	
ячменная		11,3 (2,5)			33,0	85
гороховая	< 70				10	
гречневая	< 250	9,9	285	425	62	

Комплексный показатель взрывоопасности для различных сортов муки может достигать 4. Это означает, что данная пыль в 4 раза взрывоопаснее угольной [43].

Указывается, что слой пыли толщиной 1 мм на поверхности пола и стенах может привести к образованию взрывоопасного количества пыли в помещении [46].

Древесная пыль

Древесная пыль, как в состоянии аэрозоля, так и аэрогеля, представляет собой один из основных пожароопасных факторов на многочисленных предприятиях деревообработки и переработки древесины.

Пожароопасные характеристики древесной пыли, а также пыли, образующейся при производстве и обработке древесных композиционных материалов, приведены выше, в главе 2 книги 1 «Свойства пожарной нагрузки».

Угольная пыль

Угольная пыль, в принципе, взрывоопасна. Взрыво-пожароопасные характеристики зависят от природы и марки угля, дисперсности и др. характеристик.

Во взрыве пыли принимают участие пылинки, начиная от мельчайших до частиц размером 0,75-1 мм в поперечнике, причем взрывоопасные свойства угольной пыли непрерывно возрастают с увеличением дисперсности частиц. По результатам многочисленных экспериментов принято считать, что основным носителем взрывоопасных свойств угольной пыли являются фракции размером менее 75 мкм [46].

Наиболее взрывоопасна угольная пыль с размером частиц 10-60 мкм. В аэросуспензиях с частицами размером более 100-170 мкм пламя вообще не распространяется [20].

В первом приближении механизм взрыва угольной пыли представляют следующим образом: за счет тепла источника зажигания пылинки нагреваются с выделением взрывоопасных продуктов пиролиза, образующих вокруг пылинки газовую оболочку. Как только концентрация газов в этой оболочке достигает взрывоопасных пределов, происходит ее воспламенение (вспышка). Тепловой импульс от горячей частицы за счет излучения и теплопроводности передается к негорящим, которые

воспламеняются, являясь источником зажигания следующих [46]. Таким образом, во взрыве принимает участие не вся пыль, а только часть ее и главным образом летучие продукты пиролиза. Поэтому с уменьшением выхода летучих веществ (есть такая характеристика твердых горючих ископаемых, показывающая, какое количество летучих веществ выделяется при нагреве твердого вещества до определенной температуры) взрывоопасность угольной пыли уменьшается, причем при определенном (малом) их содержании пыль перестает взрываться. В СССР (и, надо полагать, теперь в России) к опасным по пыли относятся пласты угля (горючих сланцев) с выходом летучих веществ 15% и более, а также угли (кроме антрацитов) с меньшим выходом летучих веществ, взрывоопасность пылей которых установлена лабораторными испытаниями. В Польше, Чехии, Голландии этот предел – более 12-14%, в Англии - 20%, в США – 3,1-7,9%. Значительная разница в граничных пределах взрывоопасности объясняется, ко всему прочему, различиями в методиках определения данных параметров, которая может достигать 6%. В целом, невзрывоопасной признается угольная пыль с выходом летучих веществ ниже $6\pm 1\%$ [46].

Выход летучих веществ в расчете на горючую массу угля является также основным фактором, определяющим величину НКПР угольной пыли.

По данным [47] при изменении выхода летучих веществ от 18,6 до 41,5% НКПР снижается от 133 до 41 г/м³. В [48] указывается, что для разных углей НКПР меняется от 50 до 300 г/м³ а для некоторых углей с высоким содержанием летучих вообще приводится НКПР равный 17-18 г/м³ [49].

В среднем считается, что НКПР угольной пыли обычно составляет [20]:

- бурогоугольной – 30-40 г/м³;
- каменноугольной 40-60 г/м³

Хотя возможны, как видно из приведенных выше данных, и исключения. Это можно видеть и по данным, приводимым в справочниках, которыми обычно пользуются пожарно-технические эксперты. Так, например, по данным [45], уголь марки Г (дисперсностью < 75 мкм) действительно имеет НКПР 52-62 г/м³, однако у марки ОС той же дисперсности – НКПР > 400 г/м³.

Температура воспламенения взрывов угольной пыли также зависит от степени метаморфизма угля и изменяется в пределах 850–1120 К (580-850°C) [46].

Описанная выше связь содержания летучих веществ и взрывоопасности угольной пыли объясняет, почему с увеличением степени метаморфизма угля взрывоопасность его пыли снижается – потому, что снижается содержание летучих веществ. Поэтому бурогоугольная пыль взрывается значительно легче, чем каменноугольная. Антрацитовая и графитовая пыль в воздухе практически не способны взрываться [20].

Гремучие смеси в горных выработках образуются обычно из горючих газов и угольной пыли. Их образование увеличивается после массовой отбойки угля и руд, содержащих горючие газы. Большая часть газа выделяется довольно быстро, за 15-30 минут. Взрывоопасность увеличивается, если в газе присутствует водород (такое бывает в некоторых угольных и рудных месторождениях) [20].

В [20] отмечается, что «...пыле-газовые смеси взрываются легче, чем чисто газовые. Это обусловлено тем, что угли и некоторые другие твердые горючие материалы возгораются при более низких температурах, чем газы. Так, бурогоугольная пыль возгорается, если ее нагреть до 200-300°C, метан же воспламеняется при 600-700°C». Так то оно так, но не будем забывать про такую характеристику, как минимальная энергия зажигания – как отмечалось выше, у пылевоздушных смесей она обычно значительно выше, чем у газо- и паровоздушных.

Источниками инициирования взрывов угольной пыли а шахтах являются:

- пламя детонации взрывчатого вещества;
 - взрыв рудничного газа, вызванный различными источниками зажигания;
 - электрическая дуга КЗ в электрооборудовании (которое вообще то, по нормам, должно быть во взрывобезопасном исполнении, но, тем не менее...);
 - открытое пламя [46].
-

Взрывы угольной пыли в шахтах различных стран случались неоднократно. 10 марта 1906 года на руднике «Курьер» (Франция) произошел взрыв угольной пыли, в результате которого из 1664 горнорабочих погибло 1099. В состав рудника входило 6 шахт, горные выработки которых были соединены между собой. Шахты разрабатывали три пласта угля с выходом летучих веществ 27,3-33,3%. За время их работы ни разу не было обнаружено следов метана. Результаты расследования показали, что произошел взрыв угольной пыли, которая в большом количестве находилась в горных выработках. Причиной взрыва пыли послужили взрывные работы, производившиеся динамитом [48].

Крупнейшей катастрофой в угольной промышленности был взрыв пыли и газа на шахте «Хонкейко» в Манчжурии 26 апреля 1942 года, в результате которого погибло 1527 горняков [50, 51]. С 1962 по 1966 год на ряде шахт Японии в результате взрывов пыли и газа погибло 1149 человек [51].

В настоящее время мировое лидерство по количеству взрывов в шахтах удерживает Китай. Так, за 2006 год в Китае погибло 4700 шахтеров.

На украинских угольных шахтах самая масштабная катастрофа последних 20 лет произошла 18 ноября 2007 года на шахте им. Засядько в Донецке Погиб 101 шахтер. Через 2 недели, 1 декабря 2007, на том же горизонте произошел второй взрыв – пострадали 52 горняка; на следующий день погибли 5 горноспасателей, занимавшихся ликвидацией последствий аварии.

В России на крупнейшей угольной шахте Распадская 8-9 мая 2010 года произошло последовательно 2 взрыва. Первый – 8 мая 2010 года в 23.55, второй – 9 мая в 03.55 по местному времени, уже после того, как в шахту спустились спасатели. Экспертная комиссия Ростехнадзора констатировала, что «...основные причины возникновения аварии и дальнейшего ее развития – нарушение пылевого режима шахты; отсутствие должного контроля за признаками самонагревания угля;...неустойчивость электроснабжения шахты».

Пыль горючих сланцев

Взрывоопасность пыли горючих сланцев определяется теми же факторами, что и угольной. Она зависит от дисперсного состава и содержания летучих веществ.

При дисперсности пыли 50-63 мкм НКПР составляет 50-150 г/м³, при 160-200 мкм – 500-3700 г/м³ [46].

Выход летучих веществ может составлять 41-98%.

НКПР сухой пыли горючих сланцев в зависимости от выхода летучих веществ изменяется от 6 до 400 г/м³ и при выходе летучих (V) от 75 до 95% описывается формулой [46]:

$$\delta_c = 1286 - 13,4 V.$$

НКПР отложившейся пыли горючих сланцев (аэрогеля) значительно выше витающей (аэрозоля). Чем выше влажность аэрозоля, тем выше НКПР. При влажности порядка 20% осевшая пыль практически теряет способность переходить во взвешенное состояние и не представляет опасности взрыва. По данным МакНИИ, НКПР отложившейся сухой (W= 3,6%) пыли горючих сланцев равен 75 г/м³.

Минимальная энергия зажигания сланцев различного состава различна – чем выше выход летучих веществ и меньше зольность, тем энергия зажигания меньше. Для самых взрывоопасных пылей она составляет 0,16 Дж, что в несколько раз меньше, чем у сильно взрывоопасных угольных пылей [46].

Некоторые особенности взрывов пылей

Возможность множественных взрывов.

Как уже отмечалось выше, взрыв пыли (или паров, газов) в одной зоне может приводить к подъему в воздух дополнительных количеств пыли в соседней зоне, где концентрация пыли до этого была в безопасных пределах. Поэтому взрывы пыли на производстве иногда происходят сериями. Первоначальное зажигание и взрыв чаще всего менее сильны, чем последующие взрывы. Однако первый

взрыв добавляет пыли в суспензию, из-за чего происходят дополнительные взрывы. Механизм взрыва в данном случае такой: структурная вибрация, обязанная происхождением одному взрыву, будет распространяться быстрее, чем волна сгорания, поднимая пыль впереди нее. На таких предприятиях, как зерновой элеватор, эти вторичные взрывы часто переходят от одного района к другому или от здания к зданию [2].

В [34] отмечается, что цепочка вторичных пылевых взрывов возрастающей разрушительной силы, каждый из которых инициирует последующий, может возникнуть в результате сравнительно слабого первоначального «хлопка».

Но, надо сказать, что цепной характер взрывов пыли, к счастью, реализуется далеко не всегда. Так, в частности, Н.Л. Полетаев акцентирует внимание на том, что подобный режим самоподдерживающегося распространения вторичного пылевого взрыва (пламени аэровзвеси) над неограниченной поверхностью аэрозоля возможен лишь при условии создания движущимся пламенем «ветра», способного достаточно интенсивно взвихривать отложения пыли перед фронтом пламени, чтобы образовалась горючая аэровзвесь. Практическая реализация такого режима тем вероятнее, чем выше скорость «ветра» перед фронтом пламени и ниже величина НКПР аэровзвеси [52]. Автор считает, что возможность реализации режима самоподдерживающегося распространения вторичного пылевого взрыва наступает для типичных мелкодисперсных взвесей при НКПР менее 5 г/м^3 . На практике такие низкие значения НКПР не наблюдаются (типичные значения НКПР для наиболее взрывоопасных веществ – не менее 25 г/м^3) [52].

Но режим множественных взрывов возможен, по мнению [52], при добавлении в среду горючего газа. В этом случае образуется гибридная смесь «пыль–горючий газ–воздух».

Очевидно, что возникновение гибридной смеси (например, смеси метана с угольной пылью в шахтах) многократно увеличивает вероятность цепочки взрывов. Но не следует, по нашему мнению, игнорировать и возможность возникновения таких взрывов и без участия газа. Более того, при проведении пожарно-технических экспертиз свидетельства о множественных взрывах цепочечного характера должны рассматриваться как один из характерных признаков именно взрывов пылевых аэрозолей.

Отсутствие явления детонации

Обычно скорость взрыва в системе «пыль–воздух» бывает дозвуковой и поэтому детонации не происходит. Исключением являются отмеченные выше взрывы угольной пыли в шахтах, а также других аэрозолей в протяженных цехах, галереях [46, 48–51].

Опасность тлеющих отложений пыли

Необходимо отметить, что весьма серьезную опасность представляют собой тлеющие пыли, поскольку даже при слабом встряхивании тлеющая масса может самовоспламениться вследствие резкого притока кислорода воздуха и вызвать взрыв аэрозоля.

Взрывы пылей при контакте с другими (кроме воздуха) окислителями

Взрывы пылей происходят не только в контакте с кислородом воздуха, но и при взаимодействии с другими окислителями. Так, галоиды могут вызвать разрушительные взрывы пылей. Наиболее сильные взрывы наблюдаются в атмосфере фтора с металлическими пылями, пылями смол, пищевых продуктов, дерева и др.

Некоторые наиболее опасные технологические процессы, аппараты, источники зажигания

Среди опасных технологических процессов, в которых происходят пылевые взрывы, в литературе в первую очередь отмечают ***пневмотранспорт сыпучих материалов***.

Пневмотранспорт служит для перемещения частиц твердого материала потоком транспортирующего газа по вертикальным, горизонтальным, наклонным и криволинейным трубопроводам, соединяющим технологические установки, бункеры-хранилища и вспомогательное оборудование. Движение частиц обеспечивается разностью давлений в начале и конце пневмолинии. Происходит это движение в развитом турбулентном режиме. В качестве транспортирующего газа обычно применяют воздух.

Даже если транспортируется относительно крупнодисперсный материал, в установке пневмотранспорта за счет взаимных соударений, а также при ударах частиц о стенки и конструктивные элементы трубопроводов транспортируемый материал дополнительно измельчается и содержание мелкодисперсных (пылевых) частиц в нем возрастает.

Пневмотранспорт горючих пылей обладает повышенной пожарной опасностью. Концентрация аэрозвеси внутри пневмотранспортной установки, как правило, выше нижнего концентрационного предела (НКПР). Поэтому при разгерметизации оборудования возникает опасность воспламенения аэрозвеси. Кроме того, движение аэрозвесей осуществляется с высокой скоростью и в случае возникновения пожара это дополнительно повышает скорость распространения пламени по пылевоздушной среде [55].

Взрывы и аппараты в циклонах и фильтрах, установленных на линиях пневмотранспорта, описаны в литературе (см., например, [57, 58]).

В отрасли хлебопродуктов пожары на пневмотранспорте чаще всего возникают при установке на линии дополнительных очистных устройств после воздуходувок [7].

В возникновении пожара в пневмотранспортной установке могут участвовать две разновидности горючей среды – собственно пылевоздушная смесь и отложения на стенках трубопроводов и других конструктивных элементов.

Фрикционные искры

Образование фрикционных искр возможно при попадании внутрь системы посторонних твердых предметов, при механическом воздействии (разрушении) установки, при аварийной работе одного из узлов установки. Так, например, в [53] приводится пример взрыва на мукомольном заводе в результате вспышки аэрозвеси в пылеосадочной камере после воздуходувки вследствие расшатывания подшипника воздуходувки, биения ротора о крышку, интенсивного нагрева и искрообразования.

В [55] отмечается, что пожар и взрыв в пневмотранспортных установках возможен при попадании в них раскаленных частиц с температурой 700К и выше. Такие частицы не всегда зажигают движущийся поток аэрозоля, но, попадая в циклоны или фильтры, инициируют в них пожар или взрыв [55]. В принципе, с этим мнением можно согласиться (700К равно 427°C, т.е. превышает температуру самовоспламенения большинства органических веществ); следует только уточнить, что частица должна быть достаточно крупной, дабы обладать запасом тепла и не остыть, прежде, чем долетит до циклона или фильтра, до температуры ниже критической (Т самовоспламенения или Т тления) для данного транспортируемого вещества.

Нагрев при трении. Особенно опасен в движущихся с большой скоростью узлах и деталях установок. В первую очередь нагрев при трении опасен с точки зрения возможности самовозгорания указанных выше отложений транспортируемого горючего материала.

Источник зажигания может появиться и вне установки. Так, например, перегрев подшипников питателей или попадание инородных предметов в затворы аппаратов может вызвать их заклинивание. Продолжающееся движение приводного ремня может вызвать его нагрев до состояния, когда произойдет воспламенение находящейся вокруг него пыли. Возникшее пламя, проникая через неплотности в пневмотранспортную установку, может привести к воспламенению пыли и взрыву внутри установки [55].

Самовозгорание отложений в трубопроводах и оборудовании

При пневмотранспорте порошкообразных материалов с низкой температурой плавления на внутренних поверхностях трубопроводов часто образуются пленки из этих материалов. Такое явление наблюдается, в частности, при транспортировке органических красителей, порошков и гранул полимеров, химических средств защиты растений, серы, глюкозы и т.д. При скорости движения потока 5-10 м/с тепловой энергии, выделяемой при соударении частиц со стенками трубопровода, оказывается достаточно для их подплавления и залипания на стенках. Образование слоя транспортируемого продукта на стенках трубопровода может происходить и под действием сил межмолекулярного взаимодействия, за счет электростатических зарядов и др. У материалов с высокими

диэлектрическими свойствами электростатическая составляющая силы адгезии часто превалирует над всеми остальными [34, 59]. Отложения значительной толщины могут образовывать также вещества гигроскопичные (активно поглощающие влагу из воздуха (например, аммиачная селитра)). Указанные отложения часто склонны к самовозгоранию [55].

Кроме вышеперечисленных, вещества и материалы, склонные к самовозгоранию, рассмотрены в главе 12 книги 1.

Специфические особенности пневмотранспортных установок способствуют подогреву отложений на стенках трубопроводов, что увеличивает вероятность теплового самовозгорания. Увеличение толщины отложений приводит к снижению температуры самовозгорания. И при слое, превышающем 20-25 мм, самовозгорание может произойти [55]. Кроме того, при наличии на стенках большого слоя отложений, заземление, предназначенное для отвода зарядов статического электричества, становится неэффективным.

Разряд статического электричества

Частицы сыпучих материалов, контактируя со стенками и конструктивными элементами пневмоустановок, заряжают их и сами электризуются. Подробно механизм электризации, возникновения разряда статического электричества и инициирования им горения рассмотрен в главе 10 книги 1. Здесь же отметим только некоторые специфические особенности протекания подобных процессов в пневмотранспортных установках.

Известно, что в подобных установках накопление зарядов и их разряд не носит хаотического характера – существуют зоны генерирования зарядов и их рассеивания [35]. Дисперсные материалы, обладающие высоким удельным электросопротивлением, преимущественно заряжаются в эжекторах и трубопроводах, т.е. в тех местах, где происходят энергичные удары частиц о стенки. Разряжаются частицы в циклонах, фильтрах и бункерах-накопителях. Подобное разграничение зон накопления и рассеивания зарядов характерно только для крупных, размером в несколько миллиметров, частиц материалов [60]. При транспортировании мелкодисперсных материалов рассеивание или разряд электрических зарядов происходит на тех участках пневмотранспортной системы, на которых меняется аэродинамика потока – падает скорость газа, увеличивается концентрация материала, изменяется скорость потока по отношению к стенкам оборудования. Подобное происходит в циклонах, на поворотах линии и т.д. [55]. Например, при пневмотранспортировании мелкоизмельченной сахарной пудры электризация происходит в эжекторном питателе, а в пневмопроводе и пылеулавливающем устройстве происходит разряд [61].

Конечно, на отмеченное выше зонирование влияют различные факторы, свойственные конкретным установкам. Так, например, отложения транспортируемого материала на стенках трубопроводов могут менять расположение зон генерирования и рассеивания зарядов, влиять на уровень электризации движущихся частиц. Тем не менее, приведенные выше данные представляют, по нашему мнению, определенный интерес с экспертной точки зрения, т.к. позволяют очертить круг зон (узлов установок), где наиболее вероятна вспышка, инициированная именно разрядом статического электричества, а не иного источника зажигания.

Электрические узлы и детали

Любое находящееся постоянно или периодически под напряжением электрооборудование, принадлежащее самой пневмоустановке или располагающееся вблизи нее – электродвигатели, коммутационные устройства, пускатели, провода и кабели и др. – может инициировать горение и взрыв пылевоздушной смеси. Возникающие в процессе функционирования этого оборудования потенциальные источники зажигания и пожароопасные аварийные процессы рассмотрены в главах 7 и 8 книги 1.

Если электрооборудование было под напряжением в момент возникновения пожара или взрыва, соответствующая версия должна выдвигаться и анализироваться в обязательном порядке.

13.12. Вспышки и взрывы, возникающие в ходе пожара

- «Обратная тяга»
- «Пробежка пламени»
- «Общая вспышка»
- Взрывы при тушении тлеющих массивов

Вспышки, хлопки и даже взрывы, необъяснимо быстрое развитие горения на отдельных этапах пожара являются неотъемлемой частью большинства крупных (и не только крупных) пожаров. Описанные выше вспышки и взрывы иногда приводят к пожару, но они могут возникать в ходе развития пожара как естественное проявление происходящих на нём процессов.

На эмоциональном уровне любая достаточно сильная вспышка, хлопок на пожаре, произошедший в ходе его развития, обычно воспринимается не только обывателем, но и многими пожарными как взрыв; часто отмечается, что после этого происходит интенсификация горения.

Конечно, на пожаре могут иметь место разрушение электровакуумных приборов (электроламп, кинескопов), технологического оборудования, находящегося под давлением, наконец, взрывы баллонов со сжатым или сжиженным (в том числе, инертным) газом. Но чаще всего причина кроется в других, вполне закономерных именно для пожара явлениях.

«Обратная тяга»

В России данный процесс иногда называют также «эффектом сауны». За рубежом кроме термина «обратная тяга», применяется термин «взрыв дыма». Все это, по сути дела, один и тот же процесс.

Вспышка (взрыв) в помещении происходит в момент открывания туда двери, разрушения какого-либо проема и попадания в помещение порции свежего воздуха.

Причиной такой вспышки является накопление в закрытом помещении газообразных продуктов пиролиза горючих веществ и материалов.

Обычно в помещении перед проявлением данного эффекта происходит горение в условиях ограниченной вентиляции, наблюдается затухание пламенного горения из-за недостатка кислорода. В этих случаях из-за неполного сгорания пожарной нагрузки в объеме помещения образуются высокие концентрации нагретых частиц и аэрозолей, оксида углерода и других воспламеняемых газов. В помещении может находиться функционирующий источник тепловыделения (например, включенная электропечь), способствующий термическому разложению (пиролизу) находящихся в помещении горючих материалов и изделий и дополнительному выделению газообразных горючих продуктов.

В помещении при этом может присутствовать источник зажигания (например, нагретые поверхности), но вспышки не происходит, так как концентрация горючих летучих находится выше верхнего концентрационного предела распространения пламени (ВКПР, В момент же открытия двери, в помещение попадает воздух, концентрация газообразных горючих веществ резко снижается до необходимой для взрыва концентрации со всеми вытекающими отсюда последствиями. Вспышка может произойти и при отсутствии источника зажигания, по механизму самовоспламенения, если газообразные продукты в помещении перегреты выше соответствующей температуры (ориентировочно 400–450 °С).

Сгорание газообразных продуктов пиролиза при подобной вспышке обычно протекает по механизму *дефлаграции*. При этом происходит комплекс явлений, которые свидетели воспринимают как взрыв – раздается хлопок, разрушаются оконные стекла, иногда – легкие перегородки, двери, происходит выброс пламени в открытую дверь и разрушенные окна. Давление при этом в помещении, где произошел данный инцидент повышается, но не сильно – избыточное давление в ограничивающей структуре обычно меньше 10-14 кПа [2]. Тем не менее, этого достаточно,

чтобы привести к разрушениям легких конструкций, сбить с ног и обжечь выхлопом пламени человека, открывшего дверь.

Известны ситуации, когда помещение заполнялось продуктами неполного сгорания полностью и «взрыв дыма» приобретал последствия полноценного объемного взрыва. В Англии в 70-х годах произошёл взрыв, разрушивший многоэтажное здание армейского склада. Причиной взрыва, по мнению экспертов, стало тление латексных матрацев, которые в большом количестве хранились на складе. Выделяющиеся в процессе тления газообразные продукты пиролиза, судя по характеру разрушений здания, заполнили объём одного или нескольких помещений склада, превысив нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР). Источником зажигания при этом могла стать искра в любом электропотребителе.

Имелись подобные примеры и в отечественной практике. Запомнился взрыв в одной из саун Ленинграда, когда разлетающиеся осколки толстых стекол, выбитых взрывом, буквально изрешетили прибывшую на пожар и стоявшую рядом с баней пожарную автоцистерну.

Очевидно, что последствия «взрыва дыма» зависят от ряда факторов – объема помещения, полностью или частично оно заполнено продуктами неполного сгорания, концентрации этих продуктов, наличием возможностей сброса давления при взрыве (окон и иных «вышибных» проемов), других архитектурно-строительных особенностей сооружения.

Установление причины подобного инцидента экспертным путем не представляет особых сложностей. Описанные выше признаки (закрытое помещение с отсутствующей или ограниченной вентиляцией, мощный источник тепловыделения, совпадения «взрыва» по времени с моментом открытия двери или иного проема, характерные последствия) позволяют довольно уверенно квалифицировать произошедшее.

«Пробежка пламени»

Если необходимая для распространения пламени концентрация газообразных продуктов пиролиза создавалась в локальной зоне, например, в припотолочном слое, взрыва может не быть; но может произойти тоже достаточно специфический и опасный процесс распространения горения по газовой фазе – пробежка пламени. Особенно это характерно для длинных коридоров, вентиляционных и лифтовых шахт и т.п. протяжённых помещений.

В 1991 году произошёл известный по своим масштабам и тяжким последствиям пожар в гостинице «Ленинград». Самым странным при расследовании этого пожара казалось необъяснимо быстрое развитие горения из одного из номеров по коридору седьмого этажа гостиницы.

Анализ обстоятельств пожара и соответствующие расчёты показали, что в номере, при имеющейся пожарной нагрузке, даже при открытой двери происходило так называемое «горение, ограниченное вентиляцией», т.е. горение в условиях относительной нехватки кислорода. В этом случае при сгорании твёрдых горючих материалов выделяется значительное количество газообразных продуктов неполного сгорания. Они выходили в коридор, накапливаясь в припотолочном слое.

Рост давления при пробежке пламени меньше, чем при обычном взрыве, но и его бывает достаточно для разрушения остекления окон, дверей. В данном случае вдребезги были разбиты двери из толстого закалённого стекла, ведущие из коридора в лифтовой холл, а форс пламени, по словам очевидца, выбросило на два-три метра в лифтовой холл.

Пробежка пламени, если на её пути имеются легкогорючие материалы, приводит обычно к их воспламенению и образованию множественных очагов горения.

«Общая вспышка»

Ещё одно довольно характерное для пожара явление – так называемая «общая вспышка». В отечественной пожарно-технической литературе, в отличие от зарубежной [2, 12, 62, 63], этому явлению

нию уделяют почему-то незаслуженно мало внимания. Механизм возникновения общей вспышки следующий. При горении в помещении газообразные продукты сгорания, включая твёрдые частицы дыма, поднимаются вверх, образуя в припотолочном слое раскалённое газопо-дымное облако. Это облако прогревает потолок и прилегающую к нему часть стен, а также излучает мощный тепловой поток на расположенные внизу предметы, мебель. Таким образом, помимо факела, возникающего непосредственно над очагом пожара, источниками лучистых тепловых потоков, нагревающих еще не горящие предметы в пределах помещения, являются:

- раскаленные поверхности верхних частей помещения;
- пламена, охватившие потолок;
- раскаленные продукты сгорания.

Может наступить момент, когда суммарно эти тепловые потоки нагреют до температуры самовоспламенения находящиеся внизу предметы и они практически одновременно вспыхнут на всей площади помещения. Площадь горения при этом может мгновенно возрасти от 20-40% площади помещения до 90% и более.

Для возникновения общей вспышки обязательно нужен потолок, иначе газообразные продукты просто будут улетучиваться, не формируя теплоизлучающего облака, да и излучение самого нагретого (или горящего) потолка будет отсутствовать.

Более подробно об условиях, в которых возникает общая вспышка – см. главу 17.

Интересно отметить, что бывает, оказывается, **локальная общая вспышка**. Если помещение маленькое, то оно при общей вспышке загорится по всей площади. А если большое и длинное, то общая вспышка может быть локализована. Вспыхнет сначала одна часть помещения, затем другая и т.д. Подобное распространение горения происходило на известном пожаре в американском отеле «Дюпон-Плаза» [63].

Взрывы при тушении тлеющих массивов

Пожарным хорошо известно, что при разборке тлеющих материалов и вскрытии конструкций возможна резкая интенсификация горения за счет поступления кислорода в труднодоступные для него до этого момента зоны.

Оказывается, интенсификация горения и даже взрывы могут происходить не только за счет указанного фактора, но и за счет попадания воды при тушении, при дожде и т.д.

Процитируем в связи с этим вполне заслуживающий доверия источник [20]: *«Типичны взрывы в результате попадания воды в пожарный очаг, когда вследствие высокой температуры происходит раскисление воды с образованием водорода и СО. Например, если при тушении большого очага в него подают струю воды, недостаточно сильную для того, чтобы быстро снизить температуру. При свободном доступе воздуха образующийся горючий газ немедленно взрывается.*

Попадание дождевой воды нередко служит причиной взрывов горящих отвалов угольных шахт. Сильные взрывы иногда происходят при разборе отвала с целью ликвидировать его горение. В этом случае главную роль играет быстрое обнажение очага, в котором скопился горючий пожарный газ».

К приведенному выше добавим, что под «горючим пожарным газом» понимается, надо полагать, горючие газы – продукты пиролиза материалов в условиях ограниченной вентиляции. Отметим также, что попадание воды при тушении в замкнутые высокотемпературные зоны (очаги тления) может приводить и к явлению «физического взрыва» за счет интенсивного испарения воды и повышения давления.

13.13. Дифференциация взрывов конденсированных ВВ и топливо-воздушных смесей. Отработка версии

- Дифференцирующие признаки
- Отработка версии

Приведенные выше сведения о механизме и последствиях взрывов различной природы могут служить основой для установления природы взрыва. В том числе, для решения наиболее актуальной и часто встречающейся задачи – дифференциации взрыва ТВС и взрыва конденсированных ВВ.

В обобщенном виде дифференцирующие признаки взрывов паро-газо-пылевоздушных смесей и конденсированных взрывчатых веществ приведены в таблице 13.18.

Таблица 13.18

Дифференцирующие признаки взрывов паро-газо-пылевоздушных смесей и конденсированных взрывчатых веществ

Процесс, формирующиеся признаки	Паро-газо-пылевоздушные смеси	Конденсированные ВВ
1	2	3
Бризантное (разрывающее) действие	<i>Не проявляется</i>	<i>Локально чётко выражено.</i> Разрушение на мелкие части близкорасположенных окружающих предметов, участков конструкций
Осколочное действие взрыва. Образование и разлёт «характерных осколков»	<i>Небольшое количество осколков</i> аппаратов, конструкций, изделий плохо обтекаемой формы. Метание плохо закреплённых предметов в зоне взрыва	Образование <i>множества осколков</i> оболочки размером около 1 мм ² . Метание с высокой скоростью отдельных фрагментов и осколков, повреждение и разрушение осколками близлежащих конструкций
Термическое действие взрыва. Возникновение пожара после взрыва	<i>Ярко выражено.</i> Возгорание сгораемых материалов на всей площади действия взрыва	<i>Плохо выражено.</i> Возможен локальный очаг горения в месте взрыва.
Воронка в месте взрыва	Чаще всего <i>отсутствует</i> . Может образоваться при очень сильном взрыве или формироваться за счёт специфического характера истечения газов	<i>Чётко выраженное локальное разрушение конструкций и предметов.</i> Воронка образуется даже при незначительном взрыве. Размер зависит от прочности материала и расстояния до него.
Время протекания процесса взрыва	<i>До нескольких секунд</i>	<i>Доли секунды</i>
Поражения людей и животных	<i>Преобладание термических поражений над взрывными.</i> Ожоги верхних дыхательных путей, обгорание волосяных покровов, ожоги кожи. Для волос потерпевших характерно вздутие, напоминающее «нить жемчуга». Обширное отслоение участков кожи (эффект предположительно объясняется диффузией смесей газов под наружные участки кожи и её последующим отслоением)	<i>Преобладание взрывных поражений.</i> Осколочные поражения, разрывы одежды и тканей тела, контузии, разрыв барабанных перепонки. Обширные термические поражения отсутствуют.

Продолжение таблицы 13.18

Процесс, формирующиеся признаки	Паро-газо-пылевоздушные смеси	Конденсированные ВВ
1	2	3
Поражения конструкций	Беспорядочный характер разрушений, появляющийся в толкающем и расталкивающем действии взрыва (перемещение предметов на различные расстояния и в разных направлениях, передвижка стен помещения в зависимости от характера их крепления). Падение стен наружу, приподнятие потолков (промежуточные перекрытия при этом расширяются под воздействием проникшего газа таким образом, что нижняя сторона выбивается вниз, а верхняя – вверх), скручиванию металлических балок; оконные рамы при взрыве газа вырываются, иногда с целыми стёклами из своих креплений. Выгибание ограждающих конструкций (в том числе, например, решеток на окнах) и разрушение наименее прочных.	Выраженные разрушения в центре взрыва. По мере удаления от центра взрыва давление и, соответственно, уровень разрушений быстро понижаются. Наряду с выдавливанием стен может наблюдаться их фрагментация (разрушение на отдельные, в т.ч. мелкие, части). Перекрытия в помещениях выбиваются вверх. Незакреплённые объекты опрокидываются по центробежным направлениям. Дробление окружающих предметов, поражение конструкций осколками.
Изменения в герметичных объектах	Герметичные объекты малых размеров (консервные банки, аэрозольные баллончики и т.п.) чаще всего не разрушаются, но может иметь место их раздувание за счёт образования вакуума в больших помещениях. Стеклянные колбы ламп остаются целыми	Дробятся и метаются
Изменения в герметичных объектах	Герметичные объекты малых размеров (консервные банки, аэрозольные баллончики и т.п.) чаще всего не разрушаются, но может иметь место их раздувание за счёт образования вакуума в больших помещениях. Стеклянные колбы ламп остаются целыми	Дробятся и метаются
Разрушение остекления	Осколки остекления закопчены, в больших помещениях могут быть найдены внутри помещения, в котором произошёл взрыв, за счёт образовавшегося вакуума	Копоть на осколках отсутствует, осколки разлетаются с большей силой на большие расстояния
Пламя при взрыве, закопчение после взрыва	Яркая вспышка , сильное пламя. Сильное закопчение конструкций и предметов	Пламя при взрыве, как правило, отсутствует , а если оно и возникает, то в ограниченном секторе и ненадолго. Степень закопчения конструкций и предметов незначительная
Пожар после взрыва	Если есть чему гореть, пожар возникает сильный и во всем объеме взрыва	Пожар может не возникнуть , а если и возникает, то, главным образом, в результате разрушения электрооборудования, газовых магистралей, искрообразования при ударе и т.п., т.е. появления в результате взрыва новых источников зажигания, дополнительной горючей среды, протекания тех или иных пожароопасных процессов.

Приведенные в таблице признаки возникают в типичных случаях. Но возможны и более сложные ситуации; некоторые из них рассмотрены выше по тексту главы.

Отработка версии

Первым этапом в отработке версии является установление природы взрыва. Соответствующие сведения, позволяющие это сделать, в том числе отличить взрыв паро-, газо-, пыле-воздушной смеси от взрыва конденсированного ВВ, изложены выше. Необходимость сделать это уже на первом этапе обусловлена тем, что исследование взрывов конденсированных ВВ не входит в компетенцию пожарно-технических экспертов; этим занимаются эксперты – взрывотехники. Если же это все-таки взрыв ППГВС, то их экспертное исследование входит в круг задач СПТЭ, и ничего не поделаешь — надо настраиваться на работу.

Признаки, свидетельствующие о природе взрыва, должны быть приведены и максимально доходчиво объяснены в тексте экспертного заключения.

При установлении собственно непосредственной причины взрыва ППГВС и возникшего после этого пожара, как и в прочих случаях, предстоит реконструировать «треугольник пожара». Более того, если при большинстве иных версий главной задачей является установление источника зажигания, при этом установление горючего вещества находится как бы на втором плане, то в данном случае нередко основной упор приходится делать именно на природе горючей среды и причине ее возникновения. Такое бывает, например, при утечках газа или паров горючей жидкости, когда источник зажигания может носить случайный характер, а вот откуда взялась и как сформировалась горючая среда – это вопрос.

Начнем, однако, по порядку.

1) Горючая смесь.

В данном случае эксперту приходится разбираться:

- что за горючее вещество в смеси с воздухом сформировало эту смесь;
- откуда оно взялось, что за процесс (штатный или аварийный) мог привести к формированию взрывоопасной среды;
 - как должно было происходить заполнение помещения парами (газом) исходя из физико-химических свойств паров (газа) и условий окружающей среды, какая концентрация;
 - могла ли в известных обстоятельствах пожара (температура окружающей среды, скорость утечки газа или испарения жидкости, объем помещения и т.д.) сформироваться взрывоопасная смесь (с концентрацией от НКПР до ВКПР); для решения этого вопроса, возможно, придется проводить указанные выше расчёты);
 - судя по последствиям взрыва (пожара) и с учетом результатов расчёта – была ли взрывоопасная зона локальной или заполняла весь объем помещения;
 - и т.д.

Вопрос о природе и причине появления взрывоопасной смеси часто носит ключевой характер.

Так было, например, при экспертном исследовании упомянутого выше известного пожара в гостинице «Ленинград». События там развивались чрезвычайно стремительно. И если бы не удалось объяснить с физической точки зрения (и подтвердить расчётами), как буквально по минутам происходило горение в одном из номеров, формировалась в коридоре 7 этажа взрывоопасная концентрация газообразных продуктов неполного сгорания и как по ней произошла «пробежка пламени» с выбросом пламени в холл гостиницы, под сомнением оказались бы основные выводы экспертизы – об очаге пожара и его причине.

Не будем забывать, что, как отмечалось выше, взрывы ППГВС относятся к категории «безочаговых», поэтому точка утечки газа или испарения жидкости, вспышки пылевого аэрозоля может вовсе не соответствовать зоне (зонам) наибольших термических поражений конструкций и предметов, поскольку те обычно формируются на стадии последующего пожара.

2) Окислитель

В подавляющем большинстве это кислород воздуха. Но могут быть ситуации, когда во взрыве участвует кислородный баллон или произошла утечка из линии подачи кислорода, или вспышка произошла в барокамере или ином техническом устройстве с повышенным содержанием кислорода.

Выше, в предыдущих главах, отмечалось, что в атмосфере, обогащенной кислородом, загорание часто носит характер вспышки, а иногда и взрыва, приводились соответствующие примеры.

В особых случаях окислителями могут быть галогены (фтор, хлор).

3) Источник зажигания

Выше мы уже отметили, что в ряде случаев он носит случайный характер. Иногда трудно установить, какая искра, в каком электроприборе привела к взрыву при утечке бытового газа. Это может быть и не столь важно для расследования пожара, важнее – причина утечки. Но, тем не менее, такой источник (или источники) в экспертизе должен быть обозначен хотя бы в предположительной форме. При этом показано, что с учётом своих энергетических характеристик, места расположения в пространстве и других факторов он действительно мог инициировать вспышку (взрыв).

В совокупности установленные таким образом 3 материальных фактора должны объяснять механизм возникновения взрыва (пожара).

В данном случае особо важно провести заключительную реконструкцию событий, показав, что все известные обстоятельства взрыва укладываются в выдвинутую экспертом версию.

Как показывает практика, тут могут быть весьма запутанные ситуации.

Одна из них имела место несколько лет назад на Петроградской стороне Санкт-Петербурга и уже упоминалась в главе 7.

Взрыв произошел в квартире, где заканчивался ремонт; накануне там, на кухне установили секционную мебель со встроенной бытовой техникой, в том числе, газовой плитой. Квартира на момент взрыва была закрыта, людей в ней не было. В результате взрыва было разрушено несколько квартир дома, часть наружной стены и внутренние перегородки. За взрывом последовал пожар, который, впрочем, был быстро ликвидирован прибывшими пожарными.

Судя по последствиям, имел место взрыв газовой смеси.

При осмотре места взрыва, кроме типичных взрывных поражений и общего закопчения, на кухне за плитой была обнаружена локальная зона выгорания тыльной части кухонной мебели. Там же проходили газовая и водопроводная трубы, практически в этой зоне соприкасаясь, а к газовой трубе подсоединялась разрушенная на момент осмотра экспертами гибкая подводка (шланг), по которой к плите подавался газ.

Картина была очень похожа на ту, которая наблюдается в электрогазовых плитах при утечке тока на их корпус, а с него по металлической оплетке газового шланга на газовую трубу. В таких ситуациях в месте подсоединения газового шланга к металлической трубе часто возникает БПС, которое приводит к разгерметизации линии, выходу газа и его загоранию (см. выше гл.8). Но в данном случае шланг не имел металлической оплетки и не мог послужить электропроводным мостиком для утечки тока!

В процессе исследования, однако, выяснилось, что вынос напряжения действительно имел место. Но под напряжением (даже после взрыва и пожара), находилась водопроводная труба! Вынос напряжения на нее произошел где-то за пределами квартиры (выше и ниже этажами также проводились евроремонты квартир). С этой трубы на газовую, поскольку они практически соприкасались в месте, где к газовой трубе подсоединялся резиновый газовый шланг, происходила утечка тока, при этом в точке соприкосновения, судя по последствиям, имел место «плохой контакт». Разогрев в зоне БПС привел, надо полагать, к разрушению подсоединенного к газовой трубе газового гибкого шланга. По причине потери герметичности газовой линии, газ начал выходить наружу, постепенно заполняя помещение кухни и примыкающий к ней коридор и формируя взрывоопасную газоздушную среду.

Что же послужило источником зажигания? Как известно, в зоне «плохого контакта» проводников (в данном случае двух труб) происходит сильный разогрев, возникают микродуги, искрение. Эти факторы вполне могут послужить источником зажигания метано-воздушной смеси (см. главы 2, 3, 8). Но в данном случае, если бы это было так, искры зажгли бы газ, выходящий из зоны

разгерметизации газовой линии. Он бы выгорал в виде факела, зажигая окружающие предметы и способствуя возникновению пожара, но никак не взрыва!

Очевидно, что источник зажигания был удален от места выхода газа настолько, что, прежде, чем зона взрывоопасной концентрации ГВС его достигла, успело (судя по последствиям взрыва) произойти заполнение газом объема кухни и части коридора. Таким источником мог быть включенный в сеть холодильник, установленный в коридоре рядом с кухней (см. главу 8). Другие источники зажигания, судя по известным обстоятельствам пожара, можно было исключить.

Литература к главе 13

1. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П. и др. Физика взрыва - Изд.2-е, перераб. – М.: Наука, 1975. – 704 с.
2. NFPA-921. Guide for Fire and Explosion Investigations. NFPA, Quincy, MA, 1995.
3. Маршалл В. Основные опасности химических производств – М.: Мир, 1989.
4. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х кн. Кн.1/ Котляревский В.А., Виноградов А.В., Еремин С.В. - М.: Изд. АСВ /1995. – 320 с.
5. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. — М.: ВНИИПО, 1998. – 600 с.
6. Комаров А.А. Разрушения зданий при аварийных взрывах бытового газа. / Пожаровзрывобезопасность, № 5, 2004, с. 15-23.
7. Демидов П.Г. Горение и свойства горючих веществ. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1975.
8. Kennedy J., Kennedy P., Fires and Explosions. Determining cause and origin. Investigations Institute, Chicago, Illinois, 1985.
9. Пилюгин Л.П. Конструкции сооружений взрывоопасных производств. – М.: Стройиздат, 1988.
10. Комаров А.А. Анализ последствий аварийного взрыва природного газа в жилом доме. Журнал Пожаровзрывобезопасность, № 4, 1999, с. 49-53.
11. Тюрин М.В. Повреждения воздушной ударной волной и разработка специальных средств защиты и безопасности. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. д.м.н. – СПб.: ВЦЭРМ МЧС России, 2000.
12. John D. De Naan Kirk, s Fire investigation, New-York, 1983.
13. Бейкер У., Кокс П., Уэстрайн П., Кулеш Дж., Стрелу Р. Взрывные явления: оценка и последствия. – М.: Мир, 1986, т.1 – 319 с., т.2 – 382 с.
14. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд. в 2-х кн.: кн. 1. – М.: Химия, 1990. – 495 с.
15. Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ. — М.: Оборонгиз, 1960. – 596 с.
16. Светлов Б.Я., Яременко Н.Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. – М.: Недра, 1966. – 232 с.
17. Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. — М.: Машиностроение, 1972. – 207 с.
18. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. В 3-х кн. Кн. 2 / Котляревский В.А., Виноградов А.В., Еремин С.В. и др.— М.: Изд. АСВ/1996. – 383 с.
19. Абдурагимов И.М., Андросов А.С., Исаева Л.К., Крылов Е.В. Процессы горения. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984.
20. Веселовский В.С., Алексеева Н.Д., Виноградова Л.П. и др. Самовозгорание промышленных материалов. – М.: Наука, 1964. – 246 с.
21. Комаров А.А. Чиликина Г.В. Условия формирования взрывоопасных облаков в газифицированных жилых помещениях. / Пожаровзрывобезопасность, 2002. т. 11, №4. с. 24-28.
22. Комаров А.А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения. Дисс. доктора техн. наук. – М.: МГСУ, 2001.
23. Мартынов В.В., Шмырев А.А., Семенов А.Ю., Дильдин Ю.М. Место взрыва как объект экспертно-криминалистического исследования. — М.: ЭКЦ МВД России, 1994.

24. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы. — М.: ЭКЦ МВД России, 1992.
25. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности при рассмотрении проектно-сметной документации / Шебеко Ю.Н., Смолин И.М., Молчадский И.С. и др. — М.: ВНИИПО, 1998 — 119с.
26. Отчет по теме 35-2003 Определение пожарной опасности газовых баллонов в условиях развивающегося пожара от степени их заполненности. ИПЛ УГПС Волгоградской области. Волгоград, 2003 (Воронченко С.А., Симонов М.В., Шарипов Д.Ф., Шевяков А.А.).
27. Матвеев М.Ю. Криминалистическое исследование стальных газовых баллонов. Экспертная практика и новые методы исследования. Экспресс-информ. вып.17. — М.: ВНИИСЭ, 1985.
28. ГОСТ 949-73 Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на Pp не более 19,6 МПа (200 кгс/см²).
29. ГОСТ 15860-84 Баллоны стальные сварные для сжиженных углеводородных газов на давление до 1,6 МПа. Технические условия.
30. Нормы оценки качества и объема контроля сварных соединений газовых баллонов, изготавливаемых по ГОСТ 15860-84.
31. ГОСТ 9450-76 Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.
32. НПБ 256-99 Препараты в аэрозольных упаковках. Общие требования пожарной безопасности.
33. Кобылкин Н.И., Гельфанд Б.Е. Анализ и экспериментальное исследование причин взрывов цистерн и резервуаров при перегрузке нефтепродуктами. Журнал Проблемы управления рисками в техносфере. — СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, №3 (11), 2009 — с.33-38.
34. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. — М.: Химия, 1986. — 216 с.
35. Разумов И.М. Псевдооживление и пневматический транспорт сыпучих материалов. М. Химия 1973. — 239 с.
36. Осипов С.Н. Взрывчатые свойства и нейтрализация паро-газо-пылевых смесей. — Киев: Техника, 1977.
37. Таубкин С.И., Таубкин И.С. Пожаро- и взрывоопасность пылевидных материалов и технологических процессов их переработки. — М.: Химия, 1976.
38. ГОСТ 12.1.044-84, ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов; Номенклатура показателей и методы их определения. — Издательство стандартов, 1985, 1990.
39. ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность. Общие требования.
40. Снегирев А.Ю., Талалов В.А. Теоретические основы пожаро- и взрывобезопасности. Горение перемешанных реагентов. — СПб.: Изд. Политех. ун-та, 2007. — 215 с.
41. Bure J. Nebespeci explozi, charakteristiky a rizika explozivitu obilneho prachu. Prum. potravin, 1983, 34, №5, 275-277 (чеш.) (РЖПож, 1983 10Б47).
42. Jacoby H., Karberg U., Staubexplosionen in der Getreidewirtschaft. «Agrartechnik» 1983, 33 № 6, p. 247-248.
43. Wolf H. Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft und prinzipielle Möglichkeiten ihrer Vermeidung. «Agrartechnik» 1983, 33, № 6, p. 241-244.
44. Bowen J.E. Fire Eng. 1983, 136, № 5, 22-23, 25, 27.
45. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд. В 2-х кн. Кн. 2. — М.: Химия, 1990. — 383 с.
46. Петрухин П.М., Нецепляев М.И., Качан В.Н., Сергеев В.С. Предупреждение взрывов пыли в угольных и сланцевых шахтах. — М.: «Недра», 1974. — 304 с.
47. Cybulsky W. Badania nad granicznymi wybuchowymi steieniami pytu weglowego. Prace Głownego Instytutu Gornictwa, Katowice, 1954.
48. Долгов Б.Е., Левицкий Д.Г. Взрывчатость каменноугольной пыли. — Харьков: «Уголь и руда», 1933.
49. Бекирбаев Б.Д., Гродель Г.С., Петрухин П.М. и др. Борьба с угольной и породной пылью в шахтах. — М.: Госгортехиздат, 1959.

50. Правденко Д.Я. Вентиляция и освещение рудников, борьба с пожарами и горноспасательное дело. – М.: Углетехиздат, 1949.
51. Карпухин В.Д., Ненароков Г.В., Васильченко В.А. и др. Предупреждение и локализация взрывов угольной пыли на шахтах зарубежных стран. – М.: «Недра», 1972.
52. Полетаев Н.Л. Возможность наблюдения распространения пылевого взрыва над поверхностью аэрогеля. Тезисы докл. XXI Межд. науч-практ. конф. «Актуальные проблемы пожарной безопасности», ч.1. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2009. – с.66-68.
53. Семенов Л.И. Теслер Л.А. Взрывобезопасность элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.
54. Вогман Л.П., Зуйков В.А., Простов Е.Н., Ильичёв А.В. Пожаробезопасность пневмотранспортных установок с горючими пылями. Тезисы докл. XXI Межд. науч-практ. конф. ч. 1. – М.: ВНИИПО, 2009. – с. 128-129.
55. Вогман Л.П., Зуйков В.А., Чистов А.Е. Анализ пожарной опасности пневмотранспортных установок горючих пылей и меры по обеспечению их пожарной безопасности. Журнал Пожаровзрывобезопасность № 2, 2001.с. 46-52.
56. Mfisey H.R. Crem.a. Proc. End. 1959. V. 40 № 3. P. 83.
57. Высокоэффективная очистка воздуха /под ред. П. Уайта и С. Смита. – М.: Атомиздат, 1967. – 311 с.
58. Kuhnen G. Staub. 1963. Bd. 23. № 2, S. 92.
59. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. – М.: Химия, 1967. – 372 с.
60. Веселов А.И., Мешман Л.М. Автоматическая пожаро- и взрывозащита предприятий химической и нефтехимической промышленности. – М.: Химия, 1975. – 280 с.
61. Абрамян В.К. Исследование процессов электризации сыпучих материалов. Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1968.
62. Явление общей вспышки и обратного проскока пламени при пожаре. «Flash – over» und «backdratt». /Rtiz M./ Florian Hessen. – 1998. – № 10.
63. Quintiere J.G. Principles of Fire Behaviour. New York: Delmar Publishers, 1997. 258 p.
64. ГОСТ 12.1.041-83. ССБТ. «Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования».
65. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Газовые взрывы. – СПб.: Астерион, 2007. – 240 с.
66. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
67. Bjerketvedt, D., Bakke, J.R. and Van Wingerden, K. (1997) Gas explosion handbook, J. Haz. Mat., Vol. 52, no. 1, pp. 1-150.
68. Алексеев С.Г., Барбин Н.М., Авдеев А.С., Пищальников А.В. О взрывопожароопасности водочной продукции. Пожаровзрывобезопасность. т.18, №2, 2009, с. 20-23.
69. СП12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
70. Lewis D.J. Unconfined vapor cloud explosions // Progress in Energy and Combustion Sci. 1980. V.6, № 2.
71. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливо-воздушных смесей // Методики оценки аварий на опасных производственных объектах. Госгортехнадзор России, 2001, серия 27. Вып. 2, с. 4-34.
72. Sherman M.P., Berman M. The possibility of local detonations during degraded core accidents in the Bellafonte nuclear power plant // Nuclear technology. 1988. V.81, № 1, p. 63-77.
73. Giesbrecht H. et al. Analysis of explosion hazards on spontaneous release of inflammable gases // Ger. Chem. Eng. 1984. V.4. Part 1 end Part 2. P. 305-325.
74. ПБ 09-170-97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (приложение 1). Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 22.12.97, № 52.
75. Химический энциклопедический словарь. Гл. ред. И.Л. Кнунянц. - М.: Сов. Энциклопедия, 1983 – 792 с.

76. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т.1/ Ред. Кол.: Кнунянц И.Л. (Гл. ред.) и др. – М: Сов. Энциклопедия, 1988 – 623 с.
77. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Объемные взрывы. СПб.: Астерион, 2008 – 374 с.
78. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров. М. ВНИИПО, 2002. – 330 с.
79. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования) СПб: СПБИПБ МВД России, 1997. – 562 с.
80. Аникин Н.И., Булхов Н.Н., Гериш В.А. Статистический анализ причин аварий и травматизма на опасных производственных объектах // Пожаровзрывобезопасность. – 2010, № 10, с. 53-55.
81. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Взрывобезопасность. – СПб: Астерион, 2006 – 392 с.
82. Повреждение зданий / Сокр. пер. с англ. Г.А. Ивановой; под ред.И.А. Петрова. – М.: Стройиздат, 1982. – 144 с.
83. ПБ-09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. (приложение 2). Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 05.05.03, № 29.
84. ГОСТ 20448-90 Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия.
85. Улыбин В.Б. Особенности обращения с ЛВЖ (ГЖ) при температуре ниже температуры вспышки. Изв. СПб Гос. технологического института (тех. ун-та) № 8 (340 2010), с. 81-83.
86. ГОСТ Р.12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

ГЛАВА 14.

Поджоги

- 14.1. Мотивы поджогов. Выдвижение и порядок анализа версии
- 14.2. Основные (квалификационные) и косвенные признаки поджога
- 14.3. Средства поджога
- 14.4. Признаки использования ЛВЖ и ГЖ при поджогах
- 14.5. Поиски остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара. Возможности сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара
- 14.6. Сбор остатков ЛВЖ, отбор проб различных объектов-носителей
- 14.7. Полевые и лабораторные методы обнаружения и исследования ЛВЖ/ГЖ
- 14.8. Зажигательные составы
- 14.9. Обнаружение и исследование зажигательных составов
- 14.10. Компоненты специальных устройств для поджогов
- 14.11. Электронные устройства для поджогов
- 14.12. Имитация техногенной причины пожара

14.1. Мотивы поджогов. Выдвижение и порядок анализа версии

- Статистика поджогов
- Мотивы поджогов
- Выдвижение и порядок анализа версии

Статистика поджогов

Поджоги – наиболее социально опасная и, к сожалению, достаточно частая причина пожара.

За рубежом, в развитых странах Запада, по статистике их значительно больше, чем в России. В США до 40% всех пожаров строений в городах возникают в результате поджога. Это является причиной прямых убытков в Соединенных Штатах на сумму более 1 миллиарда долларов и непрямых убытков на сумму более 10 миллиардов долларов, более 500 смертных случаев и 5000 телесных повреждений каждый год (статистика 1994 года) [1, 2].

В Великобритании Ассоциация пожарной охраны в своем отчете за 1992–1993 годы указывала, что 48% всех крупных пожаров возникли в результате поджога [3].

На Западе в государственные программы борьбы с поджогами вкладываются миллиарды долларов. Активно участвуют в финансировании и страховые компании.

В России доля пожаров, возникших в результате поджога, составляет по статистическим данным, около 9% [4]. Казалось бы, картина вполне благополучная по сравнению с другими странами и проблемы поджогов как бы не существует. Но есть обстоятельства, которые не позволяют поверить в такую благостность.

Во-первых, процент поджогов в общем количестве произошедших пожаров, медленно, но неуклонно растет – от 5,3% в 1998 году до 8,15% в 2005 году и 9,4% в 2009 году [4, 5]. Во-вторых, впечатляет абсолютное количество поджогов по стране (в 2009 году – 17682) и прямой ущерб от них – более 2 млрд. руб.

Кроме того, статистика фиксирует только так называемые «установленные поджоги», т.е. случаи совершенно очевидные.

Интересны данные о виновниках поджогов [6]. Так, в 1997 году из 14807 поджогов, в 10819 случаях (73%!) виновник не установлен. И это притом, что на местах всячески стараются не называть поджог поджогом без явных его признаков, а то и без установленного конкретного поджигателя.

Безусловно, прав А.К. Микеев, когда утверждает: «...В настоящее время для квалификации преступления по ч.2 ст. 167 УК России наличия объективных данных о поджоге, полученных при осмотре места происшествия (канистры с горючим веществом, следы взрывчатых веществ и др.), недостаточно, органы прокуратуры требуют присутствия субъекта преступления, мотивируя это тем, что без выяснения его умысла невозможно квалифицировать деяние. Таким образом, полученные при осмотре места происшествия объективные данные в расчет не берутся и действия неустановленных лиц, как правило, квалифицируются по ст. 168 УК России» [6] (т.е. как уничтожение имущества по неосторожности).

Часто в возбуждении уголовных дел по поджогам отказывают и по причине отсутствия значительного материального ущерба, причем понятие «значительный ущерб» трактуется излишне широко [7].

Отметим, что пожаров, возникших в результате так называемого «неосторожного обращения с огнем» – почти половина от общего числа пожаров (49,9% в 2005 году, 42,8% в 2009 году).

Из приведенных выше данных складывается достаточно грустная картина состояния дел с расследованием поджогов – пожаров, по сути своей, наиболее криминогенных. Очевидно, что здесь очень велика доля латентных (скрытых) преступлений. А статистические данные есть отражение нашего умения (или, точнее, неумения) устанавливать факт поджога и доказывать это.

Конечно, расследование поджога и привлечение к ответственности виновных – дело очень непростое и трудоемкое. Причины этому в определенной степени носят интернациональный характер. Позволим себе привести длинную, но очень точную и справедливую цитату из Дж. ДеХаана [2]:

«...Во-первых, необходимо провести тщательное расследование, прежде чем определить, что это преступление действительно имело место. Это не то, что найти мертвое тело и окровавленный нож, являющиеся доказательствами убийства. Такие объекты немедленно привлекают внимание дознавателей, и те уже предупреждены о том, что нужно вести себя осторожно, чтобы не уничтожить улики, в отличие от обычного пожара, где расследование может быть проведено поверхностно, если вообще будет проведено. Следовательно, крайне важно, чтобы при каждом пожаре было проведено расследование, как при поджоге, пока не будет найдено убедительных доказательств естественного или случайного характера пожара.

Во-вторых, само преступление, если оно осуществлено успешно, уничтожает вещественные доказательства его происхождения. В некоторых случаях доказывать факт поджога – все равно, что расследовать убийство, когда тело жертвы превратилось в пыль. Доказательства его существования еще имеются, но они требуют тщательного и методичного анализа. Поджог – это такое преступление, которое скорее уничтожает вещественные доказательства, чем создает их.

В-третьих, официальное расследование поджога находится где-то в промежутке между сферой деятельности пожарного департамента и полиции. Пожарные могут считать, что их первейшая задача – обеспечение общественной безопасности путем тушения пожара. Они могут считать, что свидетельские показания, опросы, поиски вещественных доказательств, необходимые в криминальном расследовании, находятся вне сферы их деятельности и больше подходят полиции. С другой стороны, полицейские дознаватели понимают, что, чтобы иметь дело с вещественными доказательствами, такими как характеристики пожара, объекты и обугленные остатки, требуются специальные знания, которых у них нет, и могут отказаться работать с ними. В результате вещественные доказательства, имеющие ценность, могут остаться без внимания» [2].

Приведенная выше цитата описывает ситуацию, очень похожую на российскую. В соответствии с УПК РФ, поджоги сегодня относятся к подследственности органов полиции. Но реально в большинстве случаев работают «по горячим следам» (да и то далеко не всегда) только пожарные дознаватели. Они должны выявить сам факт поджога и собрать доказательства его. Фактически от их желания и умения зависит, будет ли иметь дело о данном поджоге (или серии поджогов) хоть какие-то перспективы быть раскрытым.

Мотивы поджогов

Мотив – это внутреннее влечение или импульс, который заставляет человека совершить что-либо или действовать определенным образом. Мотив объясняет, почему преступник совершил незаконное действие [8].

Конечно, анализ и учет психологических аспектов преступления – дело скорее следствия и суда, нежели технического специалиста и эксперта. Дознаватель и следователь должны учитывать возможные мотивы, так как они могут помочь в предсказании определенных штампов поведения, в результате чего можно установить и поймать преступника, особенно в случаях множественных поджогов. Но и пожарно-техническому эксперту учет возможных мотивов и алгоритмов действия поджигателя может быть полезен – как при осмотре места пожара, так и в работе с материалами дела.

Иногда на мотив поджога могут указывать некоторые характерные признаки на месте пожара (они рассмотрены ниже, а также в подразделе «Косвенные признаки поджога»).

Отечественных исследований вопросов мотивации поджогов и личностей поджигателей не так много, некоторые мы уже упомянули [6, 7]. Отмечается прямая связь поджогов с злоупотреблениями спиртными напитками, то, что в городах поджоги случаются реже, чем в сельской местности, а $\frac{3}{4}$ поджигателей – люди в возрасте 30-50 лет, т.е. с жизненным опытом, установившимися взглядами и определенными интересами. Вместе с тем, среди поджигателей растет доля молодых людей, причем их действия отличаются хладнокровием и изобретательностью. Среди мотивов, которыми руководствуются поджигатели – сокрытие следов преступлений, получение страховой суммы, месть, пиромания.

Наряду с этим, в России существенно число поджогов, цель которых – оказание давления на коммерческие структуры и физических лиц, поджоги с целью уничтожения строений на дорогих и престижных территориях с последующим приобретением земельных участков и их застройкой.

В США Национальный центр анализа насильственных преступлений (NCAVC) определил шесть основных мотивов, которыми руководствуется подавляющее большинство поджигателей: нажива, вандализм, возбуждение, месть, сокрытие преступления, экстремизм. Они могут относиться и к единичному случаю и к множественным преступлениям [2].

В России мотивы поджогов в целом те же, а, учитывая, что американцы продвинулись как в самих поджогах, так и их изучении дальше России, нам представляется полезным остановиться на описании этих мотивов более подробно, воспользовавшись данными [2, 9] и др.

1) Нажива (мошенничество с целью наживы)

Поджигатели этой категории устраивают пожары с целью получения финансовой выгоды, которая может быть выражена в прямой денежной прибыли или в косвенной прибыли, полученной нефинансовым образом. Прямая прибыль может представлять собой страховую выплату, избавление от конкурентов в бизнесе или их запугивание, вымогательство, увеличение стоимости собственности путем уничтожения ненужных строений (либо на собственной территории, либо поблизости). Поджог может быть совершен с целью уклонения от выполнения финансовых обязательств или даже получения работы.

Во многих случаях нажива является единственным мотивом поджога. Интересно отметить, что в США раньше поджог своей собственности не считался преступлением, даже если собственник получал от этого выгоду. В настоящее время в большинстве штатов запрещается уничтожение своей собственности, даже если это не связано с обманом другой стороны [10].

На производстве, складах пожары иногда устраиваются собственником для уничтожения старого или морально устаревшего оборудования, для уничтожения документации с целью уклонения от уплаты налогов, аудиторской проверки или получения страховки, чтобы построить новое здание в новом месте. Поджог может устроить конкурент для того, чтобы получить преимущество на рынке или организованные преступные группы для рэкета или вымогательства.

Некоторые банды, пишет ДеХаан, «...действуют так: покупают какое-нибудь малое или среднее предприятие, которое может еле-еле сводить концы с концами или даже преуспевать,

вывозят имущество, убирают мебель и оборудование, распродают фонды и буквально «раздевают догола» предприятие, как в физическом смысле, так и в финансовом. То, что осталось, затем поджигается и членам банды выплачивается страховка» [2]. Всё это очень похоже на «лихие девяностые» в России. Происходит подобное и в России нынешней.

Конечно, выяснение всех указанных обстоятельств является компетенцией следствия, а никак не пожарно-технического эксперта. За рубежом для этого приглашают специальных финансовых экспертов, которые и разбираются со всеми финансовыми «странностями», предшествующими пожару.

Поджоги жилых домов могут устраиваться владельцами с намерением обмануть страховую компанию и получить страховку.

Интересно отметить, что поджоги жилых домов и отдельных помещений в США стали особенно популярны, когда во многих штатах разработали программу правительственной поддержки, которая гарантирует значительные страховые выплаты собственникам жилья, возмещение им стоимости расходов на новое жилье и покупку нового имущества: мебели, бытовой техники, одежды. Это приводило к злоупотреблениям – пользуясь преимуществами, предоставляемыми этой программой, многие индивидуальные собственники и организованные банды покупали жилые дома, страховали их на крупную сумму и затем получали страховые премии [2].

В России подобных гарантий со стороны государства нет, соответственно и поджогов такого рода почти нет. Что называется, нет худа без добра. Единичные случаи мошенничества, по сообщениям в прессе, имели место после «жаркого лета» 2010 года, когда государство в ряде сгоревших посёлков отстраивало погорельцам новые дома или компенсировало ущерб.

В то же время, в крупных городах России подозрительно часто происходят пожары в зданиях, в том числе охраняемых государством и потому не подлежащих сносу, которые стоят на дорогих участках земли и мешают продаже этой земли и новому строительству. «Случайно» случившийся пожар решает вопрос по принципу «нет здания – нет проблем».

Бывают **непрямые способы получения наживы**, к счастью, пока не очень развитые в России. Пр процитируем ДеХаана: «...В разных обстоятельствах имели место случаи, когда поджоги устраивались с целью получения работы. Сезонные пожарные или оплачиваемые добровольцы (или штатные пожарные с целью получения сверхурочных за работу в выходные дни) устраивали пожары для увеличения своего дохода. Безработные охранники устраивали пожары для того, чтобы показать свою необходимость в охране предприятия, намереваясь получить работу. Устраивались растительные пожары, чтобы более успешно охотиться на дичь. Строительные рабочие поджигали недостроенные здания для того, чтобы срок их работы был продлен; агенты по продаже оборудования для работы в тяжелых условиях устраивали растительные пожары, чтобы обеспечить рынок сбыта для своего оборудования. Пожары устраивались для того, чтобы освободиться от контрактных обязательств и даже от воинской повинности. Были случаи, когда члены семьи поджигателя (особенно маленькие дети) погибали при пожаре, устроенном с целью получения страховки. Такие пожары также устраивались с целью освобождения от своих семейных обязательств или для создания условий для вступления в другой брак» [2, 11].

2) Вандализм

Понятие «вандализм» включает в себя, в частности, поджоги, совершаемые из хулиганских побуждений и наносящие ущерб собственности. Специалисты отмечают, что такая мотивация обычно связана с детским и подростковым возрастом и мишенью вандализма часто бывают школы и школьное имущество. Также часты пожары заброшенных зданий, транспортных средств и растительные пожары. Пожары устраиваются, когда возникает возможность, часто после школы или работы или по выходным [2].

В России ситуация очень близка к описанной выше. Случаи вандализма, сопровождающиеся поджогами, иногда отмечаются в действиях футбольных болельщиков, просто слоняющихся без дела групп молодежи.

3) Возбуждение, поиски острых ощущений

Поджоги такого рода могут устраиваться в целях возбуждения, привлечения внимания, признания и даже, как утверждают психологи, сексуального стимулирования [12,13].

Поджоги могут заканчиваться как выгоранием небольших куч мусора, так и целых жилых зданий. Типичный поджигатель такого рода устраивает обычно серии пожаров с возрастающей с течением времени интенсивностью, увеличением суммы ущерба и опасности для жизни. Пожары обычно устраиваются поблизости от его дома или места работы и поджигатель обычно остается поблизости с целью наблюдения, может быть, даже фотографирования или видеозаписи пожара. Зажигательные устройства используются очень редко, обычно применяются спички, зажигалки и имеющееся на месте горючее. Поджигателям такого типа нравится наблюдать за самим пожаром, некоторых больше привлекают пожарные автомобили, сирены и световые эффекты при тушении пожара. В таких случаях поджигатель устраивает пожары, чтобы принять участие в их тушении. Подобные пожары неоднократно происходили и в России, в частности, в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Американские психологи из категории поджигателей, ищущих возбуждения, выделяют так называемых *«поджигателей из тщеславия»*, *«поджигателей-героев»*.

«...Мотивами для них могут быть возбуждение, испытываемое при большом пожаре и при его тушении. Люди, нуждающиеся во внимании или уважении, могут совершить поджог для того, чтобы добиться такого внимания, принимая участие в тушении пожара и спасении людей или даже принимая на себя ответственность за поджог. Пожарные могут хотеть произвести впечатление на свои семьи или свое начальство и устраивать пожары, чтобы иметь больше возможностей для этого. Те пожарные, которые получают дополнительную плату в зависимости от количества вызовов, устраивают пожары для увеличения дохода. Охранники могут устраивать пожары просто от скуки, для того, чтобы заставить компанию нанять больше охранников или доказать свою необходимость компании путем выявления пожара и помощи в его тушении. Это может дать им шансы для увеличения зарплаты или предотвращения увольнения.

Такой поджигатель воображает себя супергероем, что является по большей части бравадой. Эти люди часто носят оружие, чтобы показать свою власть. Поджоги большей частью не планируются, осуществляются, когда появляется возможность» [13].

Отмечается, что при расследовании таких пожаров необходимо проверять прошлое персонала, особенно тех, кто обнаружил или тушил пожар. Так как среди мотивов может быть стремление привлечь внимание в случае отказа принять кого-нибудь на службу в качестве полицейского или пожарного, следует рассматривать в качестве потенциальных подозреваемых лиц, которым в последнее время было отказано в приеме на службу.

Далее, в разделе «Косвенные признаки поджога» указывается, что большинство отмеченных выше мотивов и психологических поведенческих клише отмечается и в поведении российских поджигателей. Таковыми становились и бывшие пожарные, уволенные со службы за злоупотребления алкоголем, и личности с совсем противоположной мотивацией - юные пожарные добровольцы, которым нравился сам процесс горения, тушения и, по возможности, своего героического участия в данном деле.

4) Месть, злоба

Пожары могут устраиваться в качестве мести за какое-либо действительное или воображаемое оскорбление или враждебное поведение. В таких случаях объектом мести могут быть люди, организации или общество или в целом.

Объектом нападения может быть собственность какого-либо человека, транспортное средство, дом и т.д.

На такого рода мотив поджога может указывать состояние места пожара. Поджигатель обычно действует в состоянии крайнего возбуждения, и поджог часто сопровождается актами вандализма, физического разрушения предметов. Постель и одежда могут быть разрезаны или порваны или

выпачканы краской или клеем (также и мебель) перед пожаром. Фотографии или вещи, которые дороги как память, могут быть повреждены. Нападение может быть направлено на объект ненависти или на его заменитель [2, 13].

Часто такие поджоги поджигатель совершает импульсивно, поэтому они плохо подготовлены. Обычно используются горючие материалы и интенсификаторы горения, имеющиеся на месте преступления. Зажигательные устройства замедленного действия используются редко, так как преступник не думает о том, что нужно убежать с места поджога и обеспечить себе алиби.

Человек, считающий, что работодатели, чиновники, отдельные правительственные органы, медицинские учреждения, суды, банки и др. виновны в его несчастьях, может устроить нападение (обычно это серия нападений, поджогов) на здания или персонал этих учреждений.

Бывают поджоги, направленные не против отдельного человека или общества в целом, а против какой-либо социальной группы. Объектами таких пожаров могут быть религиозные, расовые, другие группы, их здания или другие символы группы. Обычными объектами являются церкви или синагоги, а также места собраний клубов, организаций, соперничающих банд. Сопутствовать поджогу могут разрушение окон, мебели, других предметов, экстремистские надписи, рисунки и другие проявления вандализма [2, 12].

5) Соккрытие другого преступления

Многие люди (и преступники, в том числе) считают, что пожар уничтожает вещественные доказательства всякой преступной деятельности. К счастью, это не совсем так. Отпечатки пальцев при определенных условиях сохраняются. Более того, например, закопчение стеклянных и керамических поверхностей их маскирует и сохраняет. А современные методы генной идентификации личности вообще существенно снижают шансы на достижение возможности неустановления личности в случае попытки уничтожить труп путем сжигания. Вспомним современную историю с идентификацией останков царской семьи.

Тем не менее, преступники довольно часто используют поджог как способ уничтожения следов преступления, в частности, убийств. Обычно поджог устраивают с помощью подручных средств, иногда – с применением интенсификаторов горения. Нужно, однако, отметить, что полное уничтожение трупа, как на то надеется преступник, на пожаре не происходит. Хотя пожар может уничтожить отпечатки пальцев и исказить (сделать неразличимыми) черты лица, по которым проводится идентификация, требуется несколько часов интенсивного горения, чтобы по трупу нельзя было определить, каким образом и по какой причине наступила смерть [2].

В отдельных случаях преступниками применяются, однако, весьма изощренные способы поджогов и уничтожения трупов. Одним из таких примеров является преступление, совершенное в Барнауле в 80-е годы прошлого века.

На месте пожара в частном жилом доме был обнаружен локальный прогар пола площадью около 1,5 м². Остальная обстановка комнаты и дома практически не пострадала, имелись лишь несильные закопчения стен и мебели. Но рядом с прогаром обнаружили кисть руки и фрагмент ноги человека. Череп и иные крупные кости обнаружили в прогаре. В результате следствия было установлено, что преступники убили проживающую в доме женщину и решили сжечь труп. Для этого они положили его на пол и накрыли пуховыми подушками, взятыми с соседней кровати. Это обеспечило длительный низкотемпературный пиролиз трупа, приведший к его почти полному уничтожению. Сохранились части тела, не закрытые подушками и находившиеся вне зоны тления.

Использование пожара как средства уничтожения вещественных доказательств не ограничивается сферой преступлений против личности. Пожар может быть устроен для того, чтобы «замести следы» воровства, хищений груза, грабежа или даже растраты или мошенничества. В таких случаях способ подготовки и собственно поджога часто зависят от того, какое преступление было совершено. Сложные зажигательные устройства используются редко, а если используются легко воспламеняющиеся и горючие жидкости, то они почти всегда такие, какие можно найти на месте преступления.

Бывают ситуации, когда поджог наносит ущерб несоизмеримо больший, нежели само хищение. В г. Колпино Ленинградской области в 80-е годы был случай, когда 2 любителя выпить забрались в аптеку в поисках спирта, а, не найдя такового, ушли, похитив товаров на 2 рубля с мелочью (тюбик зубной пасты и еще что-то). Уходя же, «с целью сокрытия преступления (кражи со взломом)» совершили поджог, в результате которого сгорела и аптека, и несколько других располагавшихся в здании учреждений.

Во многих же случаях хищение по материальным последствиям соизмеримо с пожаром или даже превышает его.

Ниже, в разделе «Косвенные признаки поджога», отмечается, что одним из косвенных признаков такого поджога является подозрительно малое количество вещей, товаров и их остатков на месте пожара. Были случаи, когда эксперты совместно со следственными работниками уже при осмотре места пожара непосредственно после его завершения, убеждались, что, судя по металлическим фрагментам, сохранившимся на месте, товаров было значительно меньше, чем следует из показаний работников склада.

В ходе выполнения одной из таких экспертиз эксперты просто подсчитали, какой объем должны были занимать при плотной укладке коробки с товаром, который, по показаниям в уголовном деле, находился в сгоревшем помещении. Оказалось, что он значительно превышает объем всего помещения! До экспертов сделать элементарный расчет и обнаружить «несоответствие» не догадались ни сами «пострадавшие», ни следователь. Конечно, такое расхождение – не есть прямое доказательство поджога как такового, но в качестве «информации к размышлению» при анализе версий о причине пожара использовано быть может и должно.

б) Экстремизм, социальный протест и терроризм

Поджоги могут сопровождать акции социального протеста, когда к ним подключаются люмпенизированные элементы. Поджоги могут быть устроены отдельными личностями или группами и обычно сопровождаются грабежами, вандализмом и погромами. Достаточно вспомнить массовые поджоги автомобилей во время беспорядков, устроенных арабской молодежью во Франции в 2007 году, революцию в Киргизии в 2010 г., серию революций и массовых беспорядков в арабских странах 2010–2011 гг.

При этом используются те зажигательные приспособления и средства, что попадают под руку или зажигательные смеси, которые на Западе любят называть «коктейлем Молотова».

Интересно отметить, что в США после аналогичных городских беспорядков 60-х и 90-х годов было обнаружено, что некоторые владельцы магазинов поджигали свою собственность, чтобы обманным путем получить страховку под прикрытием беспорядков. Аналогичные вещи случаются и тогда, когда в округе орудует серийный маньяк-поджигатель и собственники, поджигающие свои предприятия, надеются, что все пожары отнесут на его счет [2]. Так что, как видим, корыстные мотивы поджогов, проявляются даже на фоне событий, казалось бы, совершенно другого порядка.

В 80-х годах террористы в США при помощи взрывов и пожаров боролись за безопасность животных (протест против использования животных в лабораториях для исследований), против магазинов и промышленных предприятий, не подходящим по своим характеристикам для размещения их рядом с жилыми домами и даже против абортгов (во многих штатах клиники-абортарии уничтожались взрывами и поджогами). Террористы, обладая финансовыми возможностями и возможностями для подготовки, чаще используют сложные зажигательные устройства замедленного действия: электронные таймеры, химические зажигательные смеси, радиоуправляемые детонаторы, а также взрывные устройства большой разрушительной силы [2].

Террористическая организация («боевое крыло») Ирландской Республиканской Армии совершало диверсии против военных, полицейских и даже гражданских объектов, пользуясь взрывными и зажигательными устройствами. Для поджогов широко использовались, в частности, устройства, состоящие из одной или двух пятигаллонных (один галлон – примерно 4,5 л)

банок с бензином и заряда взрывчатки. Такое устройство размещалось в окне или дверном проеме. При подрыве заряда возникал огромный «огненный шар» (см. главу 13), который убивал всё живое и инициировал пожар. Дж. ДеХаан отмечает, что «...так как бензин полностью выгорал, пока был в газообразном состоянии, впоследствии в комнате могло даже не остаться запаха бензина и все признаки указывали на то, что в комнате происходил взрыв газа, а не бензина» [2].

7) Иррациональные поджоги

Кроме выше перечисленных, ряд поджогов можно отнести к так называемым иррациональным, т.е. лишенным какого-либо мотива. Когда человек совершает действительно иррациональные или не имеющие мотива поджоги, это иногда называется **пироманией**. Пиромания – патологическое заболевание, которое мало изучено. Она обычно начинается с зажигания мусора или травы в сельской местности, часто за этим следуют поджоги пустующих строений, а затем жилых домов. Серийные поджоги куч мусора являются первым признаком существования поджигателя – пиромана.

Настоящий пироман не устраивает поджоги с какой-либо определенной, практической целью и не ищет материальной выгоды. Ему просто нужно снять напряжение или чувство тревоги. Субъект просто «чувствует себя лучше», когда появляется пламя. Пожары обычно устраиваются под покровом темноты и поджигателем, почти всегда, является одиночка, имеющий низкий уровень развития.

Отмечается также, что, хотя пожары, устраиваемые такими людьми, часто заранее планируются, интенсификаторы горения и устройства замедленного действия используются редко, если вообще используются. Пожары чаще всего начинаются с куч бумаги или мусора в отдаленных уголках, коридорах или аллеях, что может затруднить их обнаружение [2].

Выдвижение и порядок анализа версии о поджоге

Версия о поджоге (или, как ее еще называют, искусственном инициировании горения) относится (точнее сказать – должна относиться) к числу наиболее часто выдвигаемых и прорабатываемых при установлении непосредственной (технической) причины пожара. Как «электротехническая» версия должна обязательно рассматриваться при наличии в очаговой зоне электросети и электропотребителей, так и версия о поджоге должна быть проанализирована в случае, если в технически возможное для организации поджога время, на месте пожара, или на возможном для поджога расстоянии от него, мог появляться человек.

В общем случае, при отработке экспертом данной версии требуют анализа следующие обстоятельства.

1) Обстоятельства, предшествующие пожару

К таким обстоятельствам относятся, в частности, время суток, наличие людей вблизи места предполагаемого поджога, возможность проникновения посторонних лиц и т.д. В целом эту совокупность обстоятельств можно охарактеризовать, как ситуацию, **удобную (или неудобную)** для совершения поджога. Недаром ведь большинство поджогов автомобилей совершается в ночное время. Поджоги на производствах – ночью, между сменами, в обеденный перерыв, когда в цеху, на складе меньше народу и, таким образом, меньше возможных свидетелей преступления

Понятно, что поджигателями могут быть либо «свои», либо «чужие». И если по известным обстоятельствам, на место пожара проникновение посторонних лиц было маловероятно или исключено, это уже снижает вероятность поджога за счет исключения «чужих». В ряде случаев это может быть дополнительным аргументом в пользу малой вероятности поджога. Например, если у владельца сгорел незастрахованный дом или баня и у него нет, желающих ему досадить, жены или тещи (см. мотивы поджога).

В целом, оценка обстоятельств с точки зрения удобства и технической возможности совершения поджога при анализе версии, по возможности, должна присутствовать.

2) Расположение очага (очагов) пожара

Эксперты часто не обращают внимания на то, что само расположение очага (очагов) несет определенную информацию о вероятности, а то и принципиальной возможности поджога в данном случае. И, более того, косвенно свидетельствует о квалификации, мотивах и даже душевном состоянии поджигателя.

Ниже, в разделе 14.2, указывается, что одним из квалификационных признаков поджога является наличие двух и более очагов пожара. Но и при одном очаге пожара поджог вовсе не исключается, поэтому при анализе версии необходимо акцентировать внимание на том, **насколько место расположения очага сочетается с версией о поджоге**.

Если поджигатель в трезвом состоянии и способен сообразить, то он выберет место (места) для поджога там, где есть легкогорючие материалы и возможность для быстрого и незаметного ухода с места преступления.

Так, предположим, анализируется пожар в загородной бане. Баню интенсивно топили к приезду хозяина в течение нескольких часов. Пожар обнаружили по дыму, выходящему из перекрытия между 1-м этажом и мансардным помещением в зоне прохода дымохода. Там же, судя по термическим поражениям конструкций, располагался очаг пожара. В данном случае, если уж эксперт выдвигает и анализирует наряду с «печной» версией, версию поджога, то, кроме необходимости отметить некоторые обстоятельства пожара, свидетельствующие против данной версии (территория домовладения охраняется, истопник следил за процессом, так что появление посторонних злодеев можно исключить, а также возникновение горения произошло не раньше, не позже, а именно во время топки печи), в экспертном заключении надо обратить внимание на совершенно нетипичное для обычного поджога место расположения очага – в закрытом объеме перекрытия, куда и добраться-то сложно.

Конечно, можно предположить, что коварный истопник сам устроил поджог, грамотно замаскировав его под «загорание перекрытия при топке печи» и тем самым обрек себя на выплату ущерба владельцу. Но оставим эту экзотическую версию для следователей и экспертов-психиатров, а в заключении пожарно-технического эксперта констатируем, что *место расположения очага пожара в данном случае явно не свидетельствует в пользу версии о поджоге*.

Если посторонние люди поджигают закрытое помещение, то очаг вероятнее всего будет находиться рядом с входной дверью (если жидкость нальют под нее), вентиляционной трубой или отверстием; недалеко от разбитых окон.

Если поджигатель все же проникает в помещение, то он обычно устраивает поджог в прихожей или ближайших ко входу помещениях, т.к. в этом случае меньше риска быть пойманным и просто пострадать при поджоге.

«Свои» люди скорее подожгут внутри помещения, в местах, наиболее подходящих с их точки зрения, для развития горения.

Когда объект поджога, как таковой, выбран, поджигатель старается выбрать на нем место (зону), где находятся легкогорючие материалы и где окружающая обстановка может обеспечить успешное развитие пожара из очага. Пламя, возникшее в очаге, должно «доставать до нового топлива». Поэтому часто поджигают деревянную мягкую мебель, кровати, шкафы с одеждой, висящие на окнах шторы и т.п. объекты.

Почти вся современная мягкая мебель содержит большое количество пенополиуретана, который легко загорается спичкой и горит с большой скоростью и интенсивностью. Более легкие обивочные ткани из хлопка и синтетики могут воспламеняться, еще более облегчая загорание и увеличивая топливную нагрузку. В коммерческих или промышленных зданиях запасы готовой продукции, упаковочных материалов или сырья могут перемещаться для увеличения топливной нагрузки [2].

Поджигатель понимает, что горение лучше распространяется по окрашенным деревянным конструкциям, тканям, бумаге, нежели по кирпичным и бетонным стенам и с учетом этого размещает очаг пожара. Вещи на полу, мебель рядом с легко сгораемой стеной – вполне подходящее место для поджога.

Расположение очага пожара в закрытых полостях стен, перекрытий и т.д. снижает шансы на то, что это поджог. Хотя зарубежные коллеги в своих публикациях часто акцентируют внимание на поджигателей, которые специально делают отверстия в стенах, сбивают штукатурку и т.д., чтобы обеспечить развитие горения. Тем не менее, если очаг пожара в офисе расположен, например, в пространстве подвесного потолка, то более реальной представляется версия об аварийном режиме в одном из встроенных в потолок светильников или подходящей к нему электропроводке.

Обратная ситуация, когда в очаговой зоне шкаф с документацией, рабочие столы сотрудников.

Цокольные этажи, как считают зарубежные коллеги, «...очень удобны для поджога, так как стены и потолок часто не защищены и то, что все строение расположено выше очага загорания, обеспечивает максимум топливной нагрузки. Цокольные этажи могут служить лучшим укрытием, а всякие вещи и мусор, находящиеся в подвалах, обеспечивают видимость „случайного пожара“. Все пожары в цокольных этажах необходимо расследовать особо тщательно, так как эти помещения более всего подходят для целей поджигателя» [2].

Чердаки жилых домов редко выбираются местом для поджогов, хотя там часто имеются горючие материалы в виде незащищенных строительных элементов, мусора. Проблема для вменяемого поджигателя в данном случае заключается в сложных путях незаметного отхода с места преступления. Хотя, что любопытно, поджоги в целях получения страховки иногда устраиваются именно на чердаках. «Потолок и крыша разрушаются, здание признается непригодным для использования и производство останавливается. После получения страховки начинается «ремонт» и здание, теперь уже в процессе реконструкции, снова горит, но пожар уже более интенсивный и снова получается страховка на «возведенное» здание» [2].

В маленьких, закрытых помещениях, например, кладовках, кладовых одежды, поджоги, если не считать случаи хулиганства или пожаров, устроенных детьми, встречаются редко. «Квалифицированный» поджигатель знает, что некоторая одежда плохо воспламеняется, не хватает воздуха, пожар может не распространиться за пределы кладовой. Если очаг пожара находится в кладовых для белья (шкафах) или в спальнях (кроватях), это указывает скорее на мотив мести, вражды, чем на мотив получения страховки. Но когда для целей поджигателя необходимо больше дыма, чем огня (чтобы получить страховые суммы на перепланировку, обновление запасов и так далее), кладовая может быть лучшим местом для возникновения пожара, так как приток воздуха и распространение пожара можно регулировать» [2].

3) Квалификационные и косвенные признаки поджога, их наличие или отсутствие

Признаки эти рассмотрены ниже, в подразделе 14.2. Если в материалах дела эксперт находит данные, которые можно трактовать как указанные признаки, они должны быть обязательно описаны и объяснен их смысл.

4) Динамика развития горения

Необъяснимая обычными обстоятельствами динамика развития горения обычно также рассматривается как признак поджога с применением интенсификаторов горения (см. далее, раздел 14.2). Имела ли она место в случае данного пожара или нет – в любом случае при анализе версии этот вопрос следует обсудить. Тем более, что часто альтернативной версией является загорание от окурка (тлеющего табачного изделия), а здесь динамика совершенно другая.

Если все проанализированные факторы свидетельствуют не в пользу поджога, это еще не значит, что его не было. Но эксперт имеет право констатировать, что он признаков поджога **не выявил** и оснований для того, чтобы считать поджог причиной рассматриваемого пожара, он из имеющихся материалов дела **не усматривает**.

14.2. Основные и косвенные признаки поджога

- Косвенные признаки
- Основные признаки

При отработке версии о поджоге имеющиеся материалы по пожару обязательно анализируются на предмет установления наличия (или отсутствия) **признаков** поджога – тех или иных фактов, сведений, которые могут указывать на криминальный механизм возникновения горения или его вероятность.

Признаки поджога принято разделять на основные (их еще называют квалификационными) и косвенные. Остановимся на тех и других.

Косвенные признаки поджога

При работе с материалами уголовного дела нужно внимательно читать показания пожарных, первыми прибывших на место пожара, и других свидетелей. Они могут содержать мелкие детали, которые сами по себе или в совокупности с другими, могут рассматриваться как косвенные признаки поджога. Конечно, базироваться только на них в своих выводах специалисту или эксперту не следует, но выделить из основной массы материала по пожару и использовать при анализе версии, мы полагаем, можно и нужно. Вряд ли это может расцениваться, как выход специалистом (экспертом) за пределы своей компетенции.

В США, стране, давно и серьезно страдающей от поджогов, детально проработаны и публикуются в многочисленных изданиях (вплоть до карманных памяток) инструкции для пожарных и других первых свидетелей пожара, на что следует обращать внимание с первых минут наблюдения за происходящим, чтобы зафиксировать даже мелкие детали, которые могут указывать на поджог, являться его косвенными признаками. Рекомендуется, в частности, обращать внимание на следующие моменты [9,14]:

– наличие по пути следования пожарных различных препятствий, которые носят подозрительно искусственный характер – заблокированные проезды, поваленные поперек проезжей части деревья, провода и кабели, контейнеры с мусором, открытые гидранты и люки, толпы народа, мешающие проезду;

– поспешно убегающих или отъезжающих людей;

– явно изолированные друг от друга зоны горения;

– заблокированные или забаррикадированные двери, окна, коридоры и т.п. (искусственно затрудненный вход поджигатели часто устраивают, чтобы воспрепятствовать тушению пожара);

– подозрительно «легкий» вход (открытые не по сезону окна, двери, необычные отверстия в окнах или дверях);

– 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;

– закрытые ставни, жалюзи; окна, заставленные щитами и занавешенные одеялами (поджигатели делают это для того, чтобы горение внутри здания было обнаружено как можно позже).

Обстоятельствами, указывающими на поджог как **возможную** причину пожара (т.е. косвенными признаками), принято также считать [9,14]:

1. Отдаленное расположение зданий и сооружений, где начался пожар, удобный подход к ним

Обычно поджигатель, если он не хочет быть замеченным, устраивает пожар в изолированном месте или там, где обзор скрыт от наблюдения (в том числе охраны). Пожары в таких местах начинаются и успевают развиваться прежде, чем их обнаружат. Поэтому, если очаг пожара расположен

в закрытой для обзора со стороны зоне и, особенно, если такая «удачная» зона – единственная или одна из немногих, это подозрительно. Важен удобный подход и возможность для поджигателя быстрого и незаметного отхода из этой зоны.

В Санкт-Петербурге имел место пожар (поджог) склада, на котором очаг был расположен внутри здания, у окон, выходящих на лесополосу. Три других стороны просматривались – одна выходила на дорогу, другая – к административному зданию, третья – к пожарной части (!). Идеальна была и возможность именно отсюда подобраться к окнам склада из-за насыпанной рядом кучи шлака от котельной. Как выяснилось через годы, поджигатель оказался квалифицированный – бывший пожарный, уволенный из части за нарушения дисциплины.

2. Расположение очага пожара около оборудования или приборов

Очаг пожара может находиться около газового оборудования или около электрооборудования, приборов, печей, или каминов для придания его возникновению признаков случайности. Возможно, что такое расположение очага – действительно случайность, но не исключено, что это поджог, замаскированный под техническую причину. Иногда, если оборудование более-менее сохранилось, его причастность к возникновению пожара может быть исключена или оценена как маловероятная. Но в этом случае остается, как версия, предположение о «квалифицированном» поджоге, замаскированном под техническую причину (см. ниже раздел 14.12).

3. Специфическое местонахождение жертв, их состояние, тип травм и т.п.

Поджог часто используется для сокрытия других преступлений, в частности, убийств. Поэтому обнаружение на месте пожара, например, трупа со связанными конечностями и проломленным черепом определенно свидетельствует в пользу версии о поджоге, а не о КЗ в электропроводке, загорании бытового электроприбора или самовозгорании.

4. Разбросанное имущество

Если поджог является следствием хулиганских действий, совершен после кражи и т.д., имущество на месте пожара часто оказывается разбросанным, предметы передвинуты, обычная обстановка нарушена. Конечно, нарушения обстановки происходят и в ходе пожара, и в ходе его тушения; но бывают обстоятельства, когда предпожарные нарушения очевидны.

5. Необычно большие скопления горючих материалов или их остатков

Подозрительны скопления сгораемых материалов в отдельных зонах, где до пожара их, по свидетельским показаниям, не было, и быть не могло – злоумышленники, устраивая поджог, часто сгребают горючие предметы в кучи и поджигают их.

Мотивы поджога могут быть самые разные, в том числе, мотив «Отелло». *На одном из пожаров в Невском районе Санкт-Петербурга ревнивый муж демонстративно свалил платья, пальто, шубы жены из шкафа на супружеское ложе и поджог эту кучу; шкаф был открыт и пуст, вся одежда была в куче на кровати.*

6. Отсутствие на месте пожара обычно находящегося там оборудования, предметов, товаров

Поджог может использоваться для сокрытия хищения тех или иных материальных ценностей, поэтому, если их количество или количество несгоревших остатков, например, металлических деталей, явно меньше того, что должно было находиться по ведомостям хранения или показаниям свидетелей, – это подозрительно.

Подозрительно, если место пожара в сгоревшем здании лишено нормального (обычного для него) содержимого. Предметы и товары перед пожаром могли вынести (вывезти), или украсть еще раньше (как в известном фильме «Операция Ы»). Предварительно удаленные с места пожара предметы – обычно ценные предметы, сложная бытовая техника, компьютеры, дорогое оборудование и т. д.

Подозрительно отсутствие запасов сырья, машин, приборов регистрации и иной аппаратуры или готовой продукции в промышленных или коммерческих предприятиях.

Отсутствие на момент пожара на предприятии или складе запасов продукции, заявленных в показаниях ответственных лиц или в документах, может быть обнаружено по некоторым признакам и после пожара. Так, например, если по заявлениям пострадавших лиц, на складе сгорело энное

количество тюков с одеждой, то на месте должно остаться, по крайней мере, соответствующее количество металлической фурнитуры.

Были случаи, когда элементарный подсчет объема товаров, указанных в документах и показаниях, свидетельствовал о том, что они физически не могли уместиться на той площади, где, якобы, находились до пожара.

Вопрос «могли ли в помещении, в котором произошел пожар, храниться такое количество коробок с обувью такого-то размера?» даже ставился на разрешение пожарно-технического эксперта. Видимо, задававший его следователь считал, что для выполнения простейших арифметических действий нужны специальные познания в области пожарной безопасности.

7. Замена на менее ценные предметы

Обычно это происходит при поджогах с целью получения страховки. Предметы и материалы, которые могли быть заменены, зависят от назначения и размера помещений, в которых они находятся. Владельцу – злоумышленнику становится жаль «пропадающего добра» и в жилых помещениях заменяется на более старую, ломаную, изношенную – мебель, одежду; в промышленных и коммерческих помещениях – машины, оборудование, товары; в автомобилях – шины, аккумуляторы и др.

Так, например, при поджоге автомобиля с целью получения страховки, владелец может заменить новые шины на старые. При осмотре автомобиля после пожара это может обнаружиться по стерттому протектору на остатках шин и, если загорелся новый, гарантийный автомобиль, это, по крайней мере, подозрительно [2].

8. Отсутствие личных вещей до пожара

Необходимо обращать внимание на отсутствие предметов, которые представляют личную ценность для владельца или которые трудно заменить. Например, драгоценности, фотографии, удостоверения, произведения искусства, домашние животные, различные коллекции и т. д. Подозрительно также, удаление до возникновения пожара важных документов (например, страховых полисов, деловых отчетов бухгалтерской документации и др.) [2].

9. Искусственные условия, способствующие распространению пожара. Американские специалисты по расследованию поджогов отмечают, что «...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» [4].

Иногда для тех же целей открывают окна и двери, включают вентиляторы и т.д.

Открытое окно и внешние двери могут ускорить динамику и увеличить масштабы распространения пожара. Когда эти условия имеют место во время холодной погоды или в нарушении нормального функционирования здания, их считают признаком и условием создания дополнительной вентиляции для распространения пожара. Для этой же цели окна могут разбить.

При допросе свидетелей дознавателю (следователю) целесообразно выяснить, были ли эти двери и другие преграды открыты перед пожаром и во время пожара, в каком положении они находились обычно (при нормальной эксплуатации здания) – и эту информацию стоит учитывать в ходе анализа версии о возможном поджоге.

10. Повреждения систем противопожарной защиты

Системы противопожарной защиты включают системы пожарной сигнализации; спринклерные системы и внутренний водопровод; установки пожаротушения, которые используют углекислый газ, пену или хладоны; отдельные водопроводные магистрали и пожарные гидранты. Выведением этих систем из строя поджигатель может стремиться затруднить обнаружение и тушение пожара.

В NFPA 921 отмечается, что «...диверсии могут включать перемещение и перекрытие дымовых извещателей, вывод из работы оросителей спринклера; отключение распределительных кранов; повреждение резьбы на стояках пожарных гидрантов и пожарных кранов; блокирование и разрушение соединительных головок пожарных гидрантов. Другой тип диверсий, хотя более тонкий, устройство нескольких очагов пожара, вдобавок к увеличенному разрушению от множества пожаров, наличие множества очагов может привести к перегрузке системы пожаротушения.

В этом случае может потребоваться помощь специалистов для определения возможностей и пределов работы систем противопожарной защиты» [9].

Может показаться, что все вышеперечисленное относится к «другому миру» и в России неработающие автоматические системы пожаротушения и сигнализации скорее являются следствием разгильдяйства, нежели «диверсией» и косвенным признаком поджога. Это справедливо в значительной степени, но не полностью.

Одному из авторов пришлось столкнуться с серией пожаров на одном из крупных предприятий Санкт-Петербурга. Загорания происходили в основном на окрасочном производстве и сначала расценивались как следствие самовозгорания отложенной краски. Пока при осмотре места очередного пожара (точнее, инженерных систем обеспечения работы цеха) не было обнаружено, что система автоматического газового тушения явно преднамеренно выведена из строя (перерезаны металлические тяги, открывающие баллоны с углекислотой).

11. Специфическое поведение людей, проживающих в здании, соответствие (или несоответствие) их одежды времени суток

Если пожар возник в 4 часа утра, а проживающие полностью одеты и уверяют, что спали в момент обнаружения пожара – это подозрительно.

Следует замечать людей, присутствующих на **нескольких** пожарах. 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.

Американские специалисты рекомендуют обращать внимание на людей, действия которых отклоняются от нормы. При этом они отмечают, что «...Большинство людей на пожаре внимательно следят за тушением. Те, 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» [14].

Конечно, многое из вышеперечисленного, с учетом российских реалий выглядит в некоторой степени наивно. Так, вряд ли следует рассматривать в качестве косвенных признаков поджога открытые люки, мусорные баки на дорогах, испорченные гидранты или краны на водопроводе. Однако многое справедливо и в наших условиях.

В 80-х годах в Василеостровском районе Ленинграда произошла серия поджогов лифтов и дверей квартир. Поджигатель использовал в качестве инициатора горения клей «Феникс». Долгое время злоумышленника не могли задержать, а когда поймали и в ходе расследования следователь предъявил его фотографию сотрудникам пожарной охраны, то оказалось, что этого гражданина пожарные неоднократно видели при тушении им же устроенных пожаров – он наблюдал, как пожарные работают, давал советы, как удобнее подъехать к месту пожара и т.д. Если бы пожарные обратили внимание на странное появление одного и того же «добровольного помощника» на пожарах, происходящих в одном районе, но по разным адресам, то серию поджогов удалось бы прервать значительно раньше.

Аналогичный случай произошел в те же годы на фабрике нетканых материалов в Невском районе Ленинграда. Задержанный поджигатель, молодой человек лет 20-25, активно «помогал» пожарным ориентироваться в цехах предприятия и тушить многочисленные очаги горения. При этом он представлялся членом оперативного комсомольского отряда и был разоблачен, в общем-то, совершенно случайно.

12. Странности в поведении заинтересованных лиц

В первую очередь это касается поджогов по корыстным мотивам, с целью получения страховки. Иногда поджигатель настолько самоуверен, что не считает нужным соблюдать элементарную осторожность в словах и действиях.

В 90-х годах в одну из крупных страховых компаний Санкт-Петербурга явился гражданин с требованием застраховать купленный им автобус от пожара. На предложение расширить

список страховых случаев, застраховавшись, кроме того, от угона, аварии, он ответил категорическим отказом: «мне – только от пожара и на максимально возможную сумму». Через несколько дней застрахованный автобус у него сгорел при крайне подозрительных обстоятельствах. Было возбуждено уголовное дело по факту мошенничества и экспертиза доказала, что в данном случае имело место искусственное инициирование горения. Суд принял аргументы экспертов.

13. Серийные (повторяющиеся) поджоги

Поджоги, как и другие преступления, бывают серийными, и преступник «в серии» часто повторяется в способе совершения преступления и других деталях.

Поэтому подозрительными (возможно, криминальными) являются пожары, повторяющиеся на одинаковых объектах, по месту, времени, объекту, обстоятельствам.

Повторения по объекту

Примером повторения поджогов родственных объектов могут быть ночные поджоги автомобилей в Москве и Санкт-Петербурге 2007–2011 годов.

В Ленинградской области в одном из районных центров злоумышленник поджигал исключительно сараи соседей (дома, наверное, все же было жалко), причем одним и тем же способом, в одном и том же месте (размещая зажигательное устройство у дверей в сарай).

Повторения по месту

Поджоги, совершенные одним лицом или группой лиц часто имеют склонность происходить в пределах одной и той же географической территории (т. е. по соседству). Как говорят американцы, географически поджоги образуют «скопления» («кластеры»). Для выявления таких кластеров даже созданы специальные компьютеризированные системы распознавания изображения типа Системы Информационного Обслуживания Поджога (AIMS) [9].

Повторения во времени

Пожары от поджога по инициативе одного лица обычно происходят в одинаковый период времени, день недели и даже часы. Этому могут служить следующие причины: время работы на данной территории, оценка возможности успеха поджога именно в это время, привычка, наконец.

Повторения по владельцу имущества

Если владельцу данного имущества в прошлом удался поджог и он получил за него страховку, то возможно, что он попытается организовать поджог еще раз. Поджог имущества (своего или конкурентов) с целью получения финансовой выгоды существовал с незапамятных времен. Особо углубляясь в историю, вспомним получившее широкую известность в дореволюционной России дело купца-миллионщика С.Т. Овсянникова по поджогу огромной паровой мельницы на Измайловском проспекте Санкт-Петербурга в 1874 году [15].

Резкое увеличение количества пожаров – единовременно или на одной территории

Редко такое увеличение количества пожаров вызвано какими-либо техногенными причинами. Разве что стихийными бедствиями типа урагана или сбоями в электроснабжении типа перенапряжения. Но если ничего подобного не было, а количество сгорающих за ночь автомобилей или загоревшихся лифтов возрастает в несколько раз, то это, как минимум, подозрительно и может трактоваться как косвенный признак поджогов.

В 1980 году, за месяц до Московской Олимпиады, в городе Луга Ленинградской области, ночью, в течение часа-полтора, запылали сразу несколько объектов, причем в разных концах города, в основном на въездах и выездах из него. Никакими техногенными причинами объяснить это было невозможно, это был очевидный поджог, что и подтвердили уже первые утренние осмотры места пожара.

В заключение анализа **косвенных признаков поджога** еще раз отметим возможность и необходимость их использования (безусловно, корректного) при анализе версии о поджоге.

А о роли косвенных признаков и улик не только в экспертном деле, но и в судопроизводстве в целом, очень хорошо сказано в уже упомянутой публикации А.Ф. Кони о деле купца Овсянникова, который был, как теперь сказали бы, «заказчиком» поджога. Автор цитирует выступление на

суде представителя страховой компании (выполняющего нынешние функции эксперта) господина Спасовича. «...С особенной силой ответил Спасович на упрек защитника Овсянникова, что он строит все свои доводы на одних косвенных уликах, на чертах и черточках: «Ну да! Черты и черточки! – воскликнул он. – Но ведь из них складываются очертания, а из очертаний буквы, а из букв слоги, а из слогов возникает слово и это слово: **поджог!**» [15].

Основные признаки поджога

Кроме приведенных выше косвенных признаков (свидетельств) возможного поджога существуют так называемые основные (или квалификационные) признаки поджога. Строго указать их количество и точный перечень достаточно сложно; в различных обстоятельствах конкретных пожаров весомость отдельных признаков может быть разной.

Обычно называют следующие квалификационные признаки [16,17]:

- 1) Наличие двух и более очагов пожара;
- 2) Обнаружение остатков устройств для поджога;
- 3) Наличие остатков ЛВЖ, ГЖ, зажигательных составов или следов их горения в очаге пожара;
- 4) Особенности начальной стадии пожара и характерная динамика его развития.

Рассмотрим их по порядку.

1. Наличие двух и более очагов пожара

Стремление поджигателя устроить пожар покрупнее, поинтенсивнее, и, главное, наверняка, приводит к тому, что поджог устраивается, как правило, в двух и более точках. Технических причин, при которых горение возникло бы в нескольких точках пространства одновременно, не так-то и много (например, вынос напряжения на металлоконструкции)

Поэтому обнаружение на месте пожара двух и более очагов пожара – серьезный довод в пользу версии о поджоге.

Иное дело, что это должны быть действительно очаги пожара, а не очаги горения.

Причины, по которым могут возникать вторичные очаги (очаги горения) и методические основы дифференциации очагов пожара и очагов горения читатель, при необходимости, найдет в [16, 18].

Чем быстрее потушен пожар, тем легче определить несколько очагов его возникновения. Потому что, если произошло полное выгорание помещения, дома или иного объекта, или огонь ушел из одной комнаты в другую, то выявление нескольких очагов пожара намного усложняется, а в ряде случаев становится просто невозможно.

Если в этом здании уже был пожар раньше, то не следует путать повреждения от первого пожара с повреждениями от второго и констатировать наличие нескольких очагов. В ряде случаев дифференциация следов нескольких «наложившихся друг на друга» пожаров действительно представляет проблему. К сожалению, пока не существует методик, позволяющих определить, когда, например, обуглилась данная доска или бревно – неделю назад и год назад, на предыдущем пожаре?

2. Обнаружение остатков устройств для поджога

Устройства для поджога – это приспособления и механизмы (от простых до сложнейших электронных), используемые для совершения поджогов. В некоторых случаях для инициирования горения применяют не одно, а несколько устройств для поджога. Часто остатки используемого горючего вещества или материала находят вместе с устройством для поджога или его фрагментами.

Примерами *характерных деталей устройств для поджога* являются:

- механические и электронные таймеры и иные устройства для задержки воспламенения;
- свечи, остатки воска которых могут быть найдены в очаге пожара;
- фрагменты непонятной электропроводки или систем с электрическими проводами, электронагревательные приборы или отдельные нагревательные элементы;

- бутылки, емкости с ЛВЖ или зажигательной смесью, осколки стеклянной и оплавленные агломераты полимерной тары;
- остатки фитилей, факелов и т.п.

В стандарте NFPA 921 [9] к характерным остаткам устройств для поджога отнесены также остатки спичек, сигарет. В условиях России это представляется чрезмерным, хотя в состав простейших зажигательных устройств эти изделия действительно могут входить.

Более подробно некоторые устройства для поджога и их детали рассмотрены ниже, в разделе 14.10.

Устройства для поджога могут быть найдены не только в очаговой зоне (зонах), но и вне их. Поджигатель может установить несколько устройств, но не все могут сработать, а горение, возникнув, может и прекратиться. В результате несработавшее устройство сохранится на месте пожара.

Одному из авторов этой книги в свое время пришлось заниматься исследованием пожара на одном из складов г. Санкт-Петербурга. Там было выявлено несколько очагов пожара, а, кроме того, в двух местах, где горения не было, а было только закопчение, на полках нашли незатейливые устройства из свечек, обложенных разрыхленной бумагой. Видимо, после зажигания они потухли и таким образом сохранились для правоохранительных органов.

3. Наличие остатков ЛВЖ, ГЖ, зажигательных составов или следов их горения в очаге пожара

Присутствие горючих жидкостей или других интенсификаторов горения (ИГ) может прямо указывать на то, что пожар возник в результате поджога. В первую очередь это относится к ситуациям, когда ИГ были найдены в местах, в которых их обычно не бывает (не должно быть).

Канистры от бензина в автомобильном гараже не являются необычным явлением, но их наличие в спальном комнате или наличие там остатков ЛВЖ, ГЖ, мягко говоря, не совсем обычно, а потому подозрительно.

При сгорании легковоспламеняющихся и горючих жидкостей часто остаются характерные следы. Их описание приведено ниже, в подразделе 14.4. При обнаружении таких следов они обязательно должны быть зафиксированы (фото-, видеосъемка, описание в протоколе осмотра), а по их периметру отобраны пробы в целях обнаружения остатков ЛВЖ, ГЖ.

Отбор проб и фиксация характерных следов не исключают, а дополняют друг друга. Может вообще сложиться ситуация, когда остатки инициатора горения в изъятых пробах не будут обнаружены по тем или иным причинам и тогда характерные следы останутся единственным доказательством поджога.

4. Особенности начальной стадии пожара и характерная динамика его развития

При поджоге с применением разлитой легковоспламеняющейся или горючей жидкости, горение начинается интенсивно, с «хлопка», вспышки и быстро развивается на начальной стадии. Это может стать известно из показаний свидетелей.

Вряд ли поджог с применением ЛВЖ имел место, если в свидетельских показаниях присутствует информация о имеющихся до обнаружения пламенного горения признаках уже начавшегося горения, таких, как запах горелой резины или пластмассы, небольшое поначалу и постепенно нарастающее задымление и т.п.

Всегда полезно хотя бы на качественном уровне оценить, соответствует ли скорость распространения огня, степень и характер термических поражений тому, что можно было ожидать для «нормального» развития пожара при сгорании веществ и материалов в данном здании или помещении. При этом надо учесть геометрическое расположение, наличие и состав пожарной нагрузки, вентиляцию помещения. Например, некоторые пластмассы являются трудногорючими, однако начинают энергично гореть на стадии развившегося пожара, формируя зоны достаточно высоких термических поражений.

Конечно, такая оценка, даже сделанная специалистом достаточно субъективна. Еще более субъективны в таких оценках свидетели – практически на любом пожаре человек, напуганный происшедшим, будет утверждать, что горение развивалось быстро и даже «необыкновенно быстро».

Но одно дело свидетель, а другое – специалист, эксперт. И если он считает, что особенности динамики данного пожара можно оценить как такими понятиями как «чрезмерные», «неестественные» или «патологические» (термины из [9]), версию о поджоге надо обрабатывать со всей серьезностью.

В заключении эксперта особенности начальной стадии пожара и характерная динамика его развития вполне могут фигурировать как дополнительное (к прочим признакам) свидетельство поджога с применением интенсификаторов горения.

К перечисленным четырём, добавим ещё два пункта:

5. Невозможность возникновения пожара без дополнительной пожарной нагрузки и мощного источника зажигания. Специфическое расположение очага.

Достаточно часто бывают ситуации, когда очевидно, что находящиеся в очаговой зоне вещества и материалы невозможно зажечь либо без применения мощного источника зажигания, либо без дополнительного количества легкогорючих веществ, либо без того и другого. Понятно, что резиновая крышка стоящего на стоянке автомобиля или наружная стена бревенчатого дома не загорится от случайно брошенного окурка или незатушенной спички. Их либо надо облить ЛВЖ, либо жечь чем-то, вроде паяльной лампы, либо они загорятся уже в ходе пожара, т.е. не будут являться «первоначальным топливом».

Примером специфического расположения очага могут быть поджоги входных дверей в жилых домах и общественных зданиях. В одной из экспертиз приводится пример загорания входной двери школы. Дверь была обита искусственной кожей с утеплителем. Дверь сохранилась за исключением локального выгорания с внешней стороны и немного с внутренней. Данная зона локального выгорания представляла собой классический очаговый конус, вершина которого находилась на высоте около 1,5 м. От данной точки по направлению конвективного потока горение распространилось вверх, до дверной коробки, верхняя перекладина которой обуглилась в зоне воздействия данного конвективного потока, примерно на половине ширины двери. Через щель в верхнем притворе двери горение «проскочило» на внутреннюю сторону двери, которая немного обуглилась в верхней части, примыкающей к зоне обугливания верхнего бруса дверной коробки.

Рядом с дверью не проводилось никаких пожароопасных работ. И было очевидно, что в данную зону не может попасть никакой случайный источник зажигания. В частности, физически невозможно «случайно» заронить туда тлеющий окурочок (который, кстати, не способен поджечь поверхность искусственной кожи).

Невозможно представить иной сценарий возникновения горения в данной зоне без специальных на то усилий какого-либо лица. Очевидно поэтому, что в подобных ситуациях **специфическое расположение очага** может трактоваться как **признак поджога**.

Американцы в подобных случаях говорят о том, что «...повреждения от пожара не совместимы с малым количеством горючей нагрузки, низкой скоростью теплоотдачи при сгорании или потенциальным источником зажигания» [9]. Примером всех трёх ситуаций называют изолированный очаг на уровне пола в большой пустой комнате. Примерами помещений с ограниченной пожарной нагрузкой – коридоры и лестницы. Примерами мест с отсутствием потенциальных источников зажигания, где пожар невозможен без «искусственного инициирования», называют чуланы, погреба и чердаки. Конечно, последний пример не для России, где в этих местах вполне вероятно появление таких источников зажигания, как тлеющее табачное изделие или открытый огонь как средство освещения.

6. Характерные ожоги на людях, пострадавших от пожара

Неумелые поджигатели часто страдают при поджоге, особенно с применением ЛВЖ, ГЖ и спецсоставов. У них могут быть опалены лицо, волосы, руки, одежда. На сведения о таких лицах и их показания надо обращать внимание при анализе материалов уголовного дела.

При особо неумелых действиях поджигатель может быть отброшен взрывной волной на десятки метров, получить тяжкие телесные повреждения и даже погибнуть. Подобное произошло в Санкт-Петербурге, когда некий гражданин решил поджечь автомобильный гараж своего соседа.

Он забрался на крышу гаража, через вентиляционную трубу вылил внутрь несколько литров бензина, после чего бросил следом зажженный факел. Произошедшим объемным взрывом смеси паров бензина с воздухом злоумышленника вместе с крышей гаража отбросило далеко за его пределы.

Более сообразительные поджигатели при поджогах с применением ЛВЖ устраивают «трейлеры» (см. далее), применяют различные устройства, задерживающие момент загорания.

Выявление признаков поджога (или ответ на вопрос, есть или нет признаков поджога на данном пожаре) вполне в компетенции пожарно-технического эксперта (см. главу 1, кн. 1).

Другое дело, что эксперт не должен вторгаться в рассуждения о **мотивах** поджога. Так, например, выходом за пределы компетенции будут формулировки типа «есть признаки поджога, совершенного с целью сокрытия следов кражи (убийства и т.п.)». Даже если есть и запротоколированы явные признаки кражи или имеется труп с колото-резаными ранами.

14.3. Средства поджога

- ЛВЖ и ГЖ
- Зажигательные составы
- Специальные технические средства

В общем случае средством поджога может быть любой источник тепла, способный инициировать горение тех или иных веществ и материалов.

Достаточно часто поджигатель, «не мудрствуя лукаво», просто зажигает бумагу, стружку, тряпки, другие попавшие под руку горючие материалы и удовлетворяется совершенным деянием. В зависимости от окружающих обстоятельств, пожар может развиваться или горение прекратится. Кстати, поджоги, совершенные таким способом, наиболее сложны в расследовании – походи, докажи, что это не «неосторожное обращение с огнем», на которое у нас списывается большинство такого рода пожаров. Часто такие поджоги совершаются лицами, находящимися в не вполне адекватном состоянии по причине алкогольного опьянения.

Но, кроме пьяных русских граждан, подобная техника поджога свойственна, оказывается, и американским профессионалам.

Дж. ДеХаан [2] пишет, что профессионалы-поджигатели часто руководствуются двумя принципами: а) чем проще, тем лучше и б) целесообразно использовать тот горючий материал, топливо, которое имеется на месте пожара. Благодаря этим двум принципам сводится до минимума количество материалов, которые поджигатель должен принести на место пожара и, чем меньше его видят на месте пожара (особенно несущим емкости или странные пакеты), тем меньше шансов, что его опознают свидетели. Более простые зажигательные устройства более надежны и шансы, что такое устройство будет уничтожено при пожаре и даже при тушении пожара, максимальны.

Он же, в частности, указывает на достаточно частое использование для целей поджога наполненных мусорных корзин: «...Кучи мусора, корзины или контейнеры им наполненные, создают опасность случайного пожара и во многих случаях причина пожара указывается как случайная (неосторожное обращение с огнем), если дознаватели не провели тщательного расследования. Кучи мусора часто встречаются в подвалах, на чердаках, в кладовых и возле черного хода (изнутри и снаружи). Подвал, наполненный мусором – идеальный случай. Трудно доказать, что такой пожар произошел из-за поджога, так как всегда имеется какой-нибудь источник случайного зажигания, например, неисправная электропроводка, печь, водяной нагреватель или какое-нибудь устройство. Чтобы доказать, что пожар произошел по причине поджога, надо исключить все эти причины. Наружные кучи мусора часто используются поджигателями, не имеющими доступа в здание» [2].

К перечисленным выше источникам «случайного зажигания», исходя из отечественной практики, следует добавить тлеющее табачное изделие.

Однако многие поджигатели, стараясь сделать «дело» наверняка, с гарантией, не обходятся спичкой, зажигалкой и подручными, находящимися на месте поджога, горючими материалами, а применяют более сложные средства и технологии поджога.

Условно разделим эти средства на 3 основные группы:

- легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (так называемые «традиционные интенсификаторы горения»);
- нетрадиционные инициаторы горения, называемые зажигательными составами или спецсоставами;
- специальные технические средства поджога.

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ и ГЖ)

Многие поджигатели, особенно недостаточно опытные и психически неуравновешенные, не полагаются на горючие материалы, находящиеся на месте пожара, и обильно льют горючие жидкости. Причем часто делается это в ситуациях, когда вполне можно было бы обойтись и без ЛВЖ и ГЖ.

В 80-х годах на одной из фабрик, тогда ещё Ленинграда, произошла серия поджогов. Причём происходили они в рабочее время, прямо в цехах во время обеденного перерыва, в подсобных помещениях. По причине наличия на работе большого количества персонала, загорания быстро обнаруживали и ликвидировали, но через несколько дней происходил новый инцидент. После одного из загораний приехавшие на место дознаватель и сотрудники ИПЛ увидели посреди цеха большой проволочный контейнер, наполненный обгоревшими бумажными отходами. От контейнера исходил явный запах бензина, который ощущался даже на фоне запаха гари. Лабораторные исследования подтвердили наличие в обгоревших бумажных отходах бензина.

Через несколько дней на проходной задержали работницу цеха, которая пыталась пронести бутылку с бензином. В дополнение к предыдущим, неудачным, с ее точки зрения, поджогам, она хотела совершить еще один.

Казалось, что стоит поджечь проволочный контейнер с мятыми отходами бумаги? Зачем надо было, с риском быть пойманной, пронести на предприятие бензин и поливать им бумагу? Очевидно, дело в отмеченной выше особенности психологии поджигателя – зажечь, так уж наверняка!

Понятно, что само по себе обнаружение следов горючей жидкости, например, бензина, в гараже или на бензозаправке, не может являться свидетельством в пользу поджога. Однако, если следы горючей жидкости обнаружены **там, где их быть не должно** – на полу в квартире, офисе, на обгоревших остатках одежды или продуктов в магазине и т.д. – это обстоятельство является серьезным доводом в пользу поджога, его квалификационным признаком.

Какие ЛВЖ и ГЖ применяются для поджогов?

Зарубежные специалисты убеждены, что «тип горючей жидкости, используемой в качестве акселеранта (интенсификатора горения), определяется большей частью опытом, мотивацией и намерениями поджигателя» [2, 9].

Нам кажется, дело обстоит гораздо проще и главным фактором, который определяет частоту применения тех или иных легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в качестве ИГ, является их распространенность и доступность для поджигателей, основная масса которых, не мучая себя глубокими «мотивациями», берет первое, что попадает под руку. Именно поэтому чаще всего применяются так называемые светлые нефтепродукты – бензины, керосин, дизельные топлива.

Современная российская статистика на этот счет отсутствует. Сошлемся поэтому на достаточно старые (начала 80-х годов) результаты анализа применения ЛВЖ и ГЖ как средств поджога в Ленинграде и Ленинградской области [19]. Тогда было установлено примерно следующее распределение примененных горючих жидкостей:

- светлые нефтепродукты – 80%;
- растворители для лаков и красок – 15%;
- прочие ЛВЖ и ГЖ – 5%.

К настоящему времени в этом распределении вряд ли что-то существенно изменилось. Это подтверждается и зарубежными данными. Известно, например, что в США «...большинство поджогов строений и транспортных средств... совершаются с использованием воспламеняющихся жидкостей и спичек. Чаще всего используется бензин... Широкое применение этого вида горючего обусловлено тем, что он эффективен и легко зажигается и потому, что его можно покупать и перевозить в больших количествах без того, чтобы возникло подозрение у продавца или властей. Затем следуют керосин и растворители краски... Скипидар и растворители лака почти никогда не используются поджигателями. Они очень дороги и не часто используются индивидуальными покупателями» [2, 14].

Не совсем понятно, почему у наших зарубежных коллег скипидар и растворители для лаков попали в число дорогих и редких. В России они достаточно доступны для поджигателя.

В градацию «прочих ЛВЖ и ГЖ», применяемых в качестве средств поджога, можно включить клеи, различные мастики и их растворители, шампуни, жидкие полиэфирные смолы, краски, жидкости для очистки кистей и т.д. Лаки и краски, клеи, мастики, косметические средства, изготовленные на органических растворителях, прекрасно горят и могут использоваться поджигателями для дополнительной интенсификации процесса горения.

В литературе отмечают, что при использовании для поджога краску в банке не перемешивают, так как легко воспламеняющийся компонент (растворитель) в отстоявшейся краске находится сверху. Верхняя часть жидкости выливается прямо на зажигаемое вещество и затем зажигается. Второй способ применения заключается в том, что некоторое количество жидкости выливают в жестяной или пластмассовый контейнер и одновременно вкладывают в банку несколько кусков древесного угля, скрепленных вместе. Это устройство устанавливается на ящики или корзины или под дном корзин или ящиков и зажигается. Также это устройство можно установить возле мебели и зажечь ее. Пропитанный растворителем древесный уголь обеспечивает постоянное длительное выделение тепла и открытое пламя [20].

В России известны случаи массового применения для поджогов жидких клеев типа «БФ-2», «Феникс» и т.п., жидкостей для розжига древесных углей, смесей бензина с отработанным моторным маслом и даже одеколонов, жидкостей для снятия лака с ногтей.

Не следует забывать и про горючее наполнение самых разнообразных аэрозольных упаковок (см. главу 13), которые также могут использоваться как средство поджога и компоненты предназначенных для этого технических устройств.

Дж. ДеХаан пишет: «...Не все знают, что тонер, применяемый в некоторых современных «сухих» копировальных машинах, содержит жидкие нефтепродукты или изопарафиновую смесь, подобную растворителям краски. Во многих учреждениях имеются коробки с этой жидкостью в легкодоступных местах и грабители могут воспользоваться этой жидкостью, чтобы уничтожить следы. То же самое относится и к инсектицидам, которые растворяются в дистилляте нефти, имеющем сходство с растворителем краски» [2].

ЛВЖ и ГЖ могут применяться не только сами по себе, но и в качестве горючего в рассмотренных ниже специальных устройствах, технических средствах, а также в зажигательных составах (спецсоставах).

Зажигательные составы

Специальные составы для поджогов (их еще называют зажигательными составами и «нетрадиционными» инициаторами горения) обычно состоят из компонентов, которые при смешении друг с другом, или с водой, воздухом дают сильно экзотермичную реакцию, способную привести к возникновению горения. Для приготовления таких составов нужны определенные знания в области химии и пиротехники, поэтому такие составы используются поджигателями, которых принято называть «квалифицированными». Делается это обычно в случаях, когда поджигателю необходимо не мгновенное загорание, а задержка по времени или поджигатель надеется, что раскрыть такой поджог будет сложнее, чем обычный.

Более подробная информация о таких составах приведена ниже, в разделах 14.8 и 14.9.

Специальные технические средства

Подобные средства поджога (они также рассмотрены ниже) изготавливаются, как и спецсоставы, в основном, тогда, когда поджигателю важно, чтобы зажигание произошло не сразу. Мы условно называем их одним общим термином «технические средства», хотя по сложности и отношению к технической сфере они могут быть самыми различными – от радиоуправляемых электронных устройств до простейших сооружений, включающих спички, свечи и даже презервативы.

Используются они, к счастью, довольно редко как в России, так и за рубежом.

В США, по результатам одного из исследований, только в 12,3% случаев поджога использовалось какое-либо зажигательное устройство. Самым обычным способом был просто разлив горючей жидкости и зажигание спичкой, что было обнаружено в 61,2% случаев [21].

Почему подобные технические средства используются редко, можно понять. Изготовление надежных устройств такого рода доступно не всякому, нужны определенные знания и умение. Кроме того, многие поджигатели просто выбирают время и возможности для совершения поджога таким образом, чтобы свести до минимума возможность того, что их увидят, вместо того, чтобы полагаться на всякие необычные (и часто неуправляемые) зажигательные устройства.

Отметим также, что поджоги совершают и с использованием *обычных приборов и оборудования*, в частности, электронагревательных приборов. Действительно, что мешает злодею использовать для этого электроплитки, другие нагревательные приборы, особенно с открытой спиралью? Обычно такие поджоги называют «поджогами, замаскированными под техническую причину», поскольку совершаются они в основном с целью придать пожару видимость некриминального события. Кратко о таких поджогах будет сказано ниже, в разделе 14.12.

14.4. Признаки использования ЛВЖ и ГЖ при поджогах

- Признаки, проявляющиеся на стадии возникновения пожара
- Признаки на окружающих конструкциях и предметах

Признаки использования ЛВЖ и ГЖ при поджогах могут наблюдаться как во время возникновения пожара, так и после него. В первом случае это – характерные признаки дефлаграционного горения ПГВС, во втором – следы горения на окружающих конструкциях и предметах. Рассмотрим их по порядку.

Признаки, проявляющиеся на стадии возникновения пожара

Информация о них может содержаться в свидетельских показаниях. Свидетели, если они присутствовали в момент поджога где-то поблизости, могут обратить внимание на не совсем обычное, быстрое, интенсивное возникновение горения, сопровождающееся какими то запомнившимися свидетелю звуками, световыми явлениями и т.д. Как правило, это явления, которые и должны сопровождать дефлаграционное горение смеси паров жидкости с воздухом. Свидетели, часто пребывающие в стрессовом состоянии, не всегда находят точные слова, чтобы корректно описать увиденное и услышанное. Они могут утверждать, например, что наблюдали следующие явления, которые эксперт может оценить как косвенные признаки поджога с применением ЛВЖ или ГЖ:

- **Взрыв**

Хлопок, характерный для воспламенения паров ЛВЖ, свидетели часто воспринимают и описывают как взрыв.

- **Звук «бум» при загорании**

Вспышка смеси паров ЛВЖ с воздухом сопровождается возникновением и распространением волны низкого давления, что свидетель запоминает как характерный звук, похожий на «бум».

- **Необычное распространение огня**

Огонь может распространяться необычно быстро, не только снизу вверх, но и сверху вниз.

- **«Катящееся» пламя**

Свидетели могут обратить внимание на как бы «катящееся» пламя, огненный шар и т.д.

- **Яркое желто-оранжевое пламя, сопровождаемое черным дымом**

Начало горения может сопровождаться выбросом яркого желто-оранжевого пламени и черным дымом как следствием нехватки кислорода для дальнейшего развития столь интенсивного горения.

- **Внезапный охват пламенем всего помещения, за которым следует выброс тяжелого, черного дыма**

Вспышка паров ЛВЖ может давать мощный первоначальный импульс, резко увеличивающий скорость развития горения на начальной стадии. За этим может следовать охват пламенем всего помещения или значительной его части.

- **Кажется, что пламя поднимается прямо с пола [14]**

Такое явление является следствием горения разлитой по полу жидкости.

- **Характерные запахи**

Иногда люди уверенно утверждают, что чувствовали «запах бензина» или какой то другой, часто непонятной жидкости.

- **Ожоги рук, лица, ног, волос у подозреваемых или свидетелей**

Если люди случайно находились вблизи места поджога с применением ЛВЖ, им может опалить лицо, руки, одежду. В критических ситуациях одежда, волосы просто загораются и люди получают тяжелые ожоги и погибают. То же самое происходит с неумелыми поджигателями.

Согласимся, что большинство этих явлений нехарактерны для начальной стадии горения древесины, бумаги, тканей, подавляющего большинства других твердых горючих материалов. И коли они отмечались свидетелями, это серьезный довод в пользу воспламенения паров ЛВЖ и ГЖ на начальной стадии пожара.

Признаки на окружающих конструкциях и предметах

При сгорании жидкого интенсификатора горения могут оставаться четкие следы горения, непохожие на следы горения других веществ, обычно находящихся в помещении. Чем раньше потушен пожар, тем более четко видны эти следы. Отметим наиболее распространенные из них.

Характерные пятна и прочие зоны локального выгорания.

Характерные пятна, по форме соответствующие лужицам разлившейся жидкости, образуются на сгораемых поверхностях (древесине, покрытии из пластика и линолеума, мягкой мебели и т.д.) при сгорании этой жидкости. Для пятен характерна, как правило, лужеобразная форма и четкая граница между обугленной зоной и необгоревшей частью материала.

Нужно отметить, что на неокрашенных поверхностях древесины относительно легкокипящие жидкости (бензины, серный эфир, этиловый спирт, ацетон и др.) могут и не оставить следа – они легко испаряются и температура на поверхности может не достичь необходимой для обугливания температуры.

Внешний вид следов термического воздействия зависит от типа жидкости, текстуры и пористости поверхности, интенсивности вентиляции. Отметим наиболее характерные из них:

- Следы сильных повреждений от огня на ножках мебели, ящиках и других деталях на полу в месте разлива. На обычном пожаре на полу относительно «холодно» и подобные следы локального экстремально высокого термического воздействия всегда подозрительны.
- Следы обугливания (на фоне необгоревшего пола) или более глубокого локального обугливания, (на фоне относительно неповрежденного или равномерно обугленного пола) под дверями, порогами и плинтусами.
- Следы локального выгорания на брусках пола под неплотно прилегающими половыми досками, панельными швами или плинтусами.

- Следы огня, вырывающегося вверх из щелей в полу, на стенах или по углам.
- Выгоревшее половое покрытие под тяжелыми устройствами бытового назначения или предметами мебели, которые обычно «защищают» пол.
- Следы горения в виде инвертированного (перевернутого) конуса на вертикальных поверхностях в местах разлива.

Инвертированный (перевернутый) конус (рис. 14.1) – довольно характерный признак, образующийся на вертикальных поверхностях в случае, если происходит горение над зеркалом разлитой жидкости. По сути, это тоже очаговый конус (след конвективного потока). Он проявляется в виде локального закопчения, локального расплавления полимерных материалов, их выгорания и т.п. К сожалению, не всегда на пожаре сохраняется.

Нужно отметить, что подобные зоны локального выгорания могут образовываться не только за счет горения разлитой ЛВЖ (ГЖ). Это могут быть следы горения расплавленных полимерных материалов и продуктов их термоокислительной деструкции. Последнее относится, в частности, к пенополиуретану – основному содержимому мягкой мебели. При его деструкции в ходе пожара образуется тяжелая желтоватая жидкость, которая, стекая на пол и другие поверхности, при последующем выгорании может формировать описанные выше признаки.

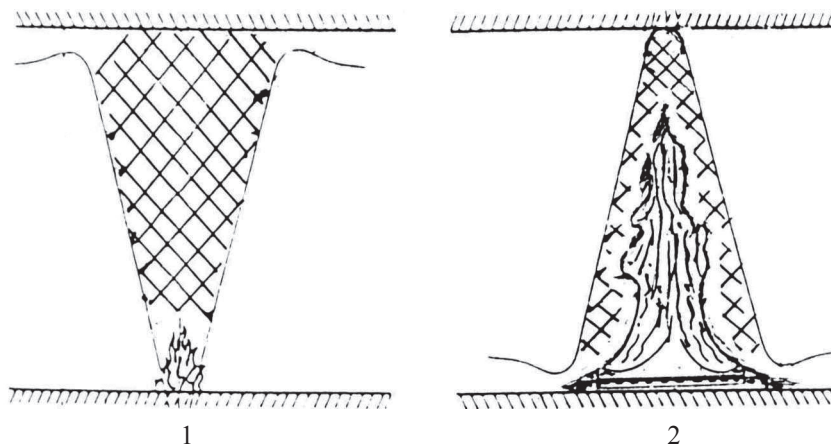


Рис. 14.1. Обычный (1) и инвертированный (2) очаговые конусы

Характерные прогары в конструкциях

Подобные прогары образуются как следствие горения скоплений горючей жидкости в неровностях пола, при проливе жидкости в его внутренние конструкции (в пустотное пространство), затекания под шкафы, плинтусы и т.д. При этом наряду с описанными выше следами локального обугливания могут образовываться и сквозные прогары, например, дыры в полу.

Кроме того, затекая в швы в напольных покрытиях, подожженная горючая жидкость приводит, как отмечается в [14], к формированию следующих следов:

- «локализованному «продельванию проходов» в швах деревянного или винилового (покрытого линолеумом) пола в местах разлива, причиной чего может быть горение жидкости внутри швов»;
- «характерным следам между швами керамических плиток пола в тех местах, где просочился акселерант, растворенный и покоробившийся клей для плиток, в результате чего нижний слой полового покрытия имеет вид «шахматной доски» [14].

Очевидно, что речь идет о половых покрытиях, положенных с помощью органических (горючих) клеев, которые выгорают по месту швов вместе с попавшей туда горючей жидкостью. На полах с плиткой, положенной на обычно применяемые для этих целей минеральные связующие, эти признаки вряд ли сформируются.

«Трейлеры»

Часто поджигатели, случайно или намеренно, проливают используемую для поджога жидкость в виде дорожки. При выгорании горючая жидкость в этом случае может оставлять на поверхности

ковров и других горючих материалов характерный длинный обугленный след, который принято называть *трейлером*. Грамотный поджигатель специально устраивает трейлер, чтобы в момент поджога разлитой жидкости не пострадать от произошедшей вспышки. Он выливает основную массу ЛВЖ в каком-то месте, а остатки жидкости проливает дорожкой, постепенно удаляясь от основной зоны. Подоженная с конца дорожка выполняет роль бикфордова шнура.

Иногда «горючие дорожки» устраивают как связующее звено между отдельными зонами, где сосредоточены горючие материалы (для надежности!).

В качестве топлива, используемого для устройства дорожек, благодаря которым формируются трейлеры, могут применяться не только ЛВЖ (ГЖ), но и твердые вещества и материалы, а также их комбинации. Часто используются обрывки одежды, бумага, солома и др. Сами такие дорожки и их обугленные остатки, также называют трейлерами [2, 9, 14].

Обычно остатки таких выгоревших твердых материалов сохраняются, их необходимо изымать и исследовать.

Конечно, у трейлеров – линейных следов разлива ЛВЖ (ГЖ) – больше шансов сохраниться, когда пожар потушен на ранней стадии развития.

Экстремальные зоны термических поражений и аномальные температурные зоны на окружающих конструкциях.

Если на месте пожара где-либо наблюдается зона экстремально высоких термических поражений, и там нет повышенной пожарной нагрузки, более благоприятных условий воздухообмена и др., то возникает вопрос, что бы это значило? Либо это очаг пожара и повышенные термические поражения обусловлены фактором *более длительного* горения, либо в этом месте «добавили» горючего вещества, что обычно бывает при поджогах.

За рубежом, в частности в США, принято рассматривать в качестве признаков разлива и горения ИГ следующие признаки:

- Повреждения от пожара, причину которых невозможно идентифицировать или повреждения строения, не соответствующие пожарной нагрузке.
- Интенсивная локализованная коррозия/деформация, особенно нижних частей металлических устройств и предметов в том месте, где применялся акселерант.
- Четкая линия обугливания на поперечных стыках деревянных косяков или четкая линия прокаливания (изменения цвета) на штукатурке или на сухой кладке стен, указывающая на быстрое (более быстрое, чем при тлении) возрастание интенсивности тепловыделения.
- Локализованные «выгоревшие дотла» места на стенах бытовых приборах или тому подобных вертикальных поверхностях, где из-за интенсивного тепловыделения выгорели отложения сажи.
- Оконное стекло, расплавившееся как «ленточный леденец» и выглядящее чистым внутри (мало сажи или совсем нет).
- Отожженные пружины мебели, это иногда происходит оттого, что жидкий акселерант выливается на мебель [9,14].

С отожженными пружинами была очень интересная история. Основанная на их исследовании методика установления факта поджога диванов, кроватей, мягких кресел и другой мебели на пружинах с помощью ЛВЖ, приводилась во многих зарубежных публикациях для экспертов. Причем отожжена пружина или нет, предлагалось проверять физико-механическими испытаниями. Однако затем появились публикации, что, оказывается, отдельные пружины дивана могут потерять упругие свойства не потому, что на них попала ЛВЖ, и они отожглись больше, чем другие, а потому, что это место на диване более «просижено» и у пружин имеется усталостная деформация.

Наличие на месте пожара зон с повышенной степенью термических поражений и/или повышенной температурой пиролиза материалов и конструкций в этих зонах, безусловно, надо как-то объяснять.

Это может быть связано, например, со стеканием расплавленных полимеров, о котором уже упоминалось выше.

На одном из пожаров был, например, обнаружен прогар пола, исследование углей в зоне которого показало температуру пиролиза около 800°C , что совершенно немыслимо на обычном пожаре для относительно «холодной» зоны, каковой является пол. Были предположения, что злодеи разлили горючую жидкость и даже применили состав вроде напалма. Однако выяснилось, что именно над этим прогаром, выше этажом хранилось несколько сот килограммов полиэтиленовой пленки в рулонах. Когда прогорело деревянное перекрытие между первым и вторым этажами, расплавленная пленка потекла вниз и, сгорая там, по всей вероятности и обеспечила формирование данного прогара пола 1-го этажа и столь высокой температуры в данной зоне.

Если вариант, подобный описанному выше, исключен, то температурные зоны с аномально высокой температурой действительно могут рассматриваться как признак локального воздействия на конструкцию или предмет горящей жидкости.

В [16] уже описывался пожар, который возник в результате поджога квартиры путем залива в щель под входной дверью горючей жидкости. К сожалению, дознаватели не отобрали под дверью проб для анализа. Да и времени к моменту назначения экспертизы прошло довольно много. Но при исследовании древесных углей, отобранных с поверхности обугленного дверного полотна в нижней части двери была выявлена зона локального термического воздействия с температурой выше 700°C . Как известно, при пожаре в помещении наблюдается зонирование по температуре по высоте помещения – чем выше, тем горячее. 700°C – это слишком «горячо» для зоны на уровне и чуть выше уровня пола. Тем более, что справа и слева от этой зоны на том же уровне и даже выше температура на превышала $400\text{--}600^{\circ}\text{C}$. Наличие такой локальной зоны экстремально высоких температур было вполне обоснованно расценено как признак горения под дверью ЛВЖ или ГЖ и, соответственно, поджога.

Следы ЛВЖ и ГЖ в виде загрязнений на различных поверхностях.

Горючая жидкость, особенно если она попала в «холодное» место, например, на пол, а еще и на хорошо впитывающую поверхность, типа ковра, может не выгореть и сохраниться в виде пятна на полу, ковровом покрытии и т.д. Поэтому в [14] рекомендуется расценивать как след акселеранта (интенсификатора горения) следующие признаки:

- Локализованное загрязнение на нижней стороне ковра.
- Загрязнение в виде пятен коричневого и черного цвета на бетонном полу, а также водоотталкивающая (гидрофобная) поверхность этих пятен. В этом месте может сохраняться слабый запах горючей жидкости.

Очевидно, что такие пятна вряд ли надо расценивать как самостоятельный признак применения ИГ, а вот как зону, где следует отобрать пробу для анализа – безусловно. Иное дело, другой, отмечаемый в [14] признак – «радужное сияние на поверхности воды в месте разлива».

Гидрофобные, не смешивающиеся с водой, жидкости, такие, как нефтепродукты, действительно при попадании в воду образуют заметную радужную пленку. Ее даже можно отбирать для последующего лабораторного анализа (см. раздел 14.6).

Все перечисленные выше признаки применения ЛВЖ (ГЖ) безусловно важны, но это скорее признаки косвенные. Главным же признаком, естественно, является обнаружение самих этих интенсификаторов горения. Они могут быть найдены как в паровой фазе (в воздухе на месте пожара), так и в жидком виде – редко в виде лужиц или пленки на поверхности воды, чаще – в сорбированном различными твердыми веществами и материалами виде.

Где и какими методами искать эти остатки, как отбирать пробы и какими методами их исследовать – рассмотрено далее, в разделах 14.5 и 14.6.

14.5. Поиски остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара. Возможности сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара

- Где искать ЛВЖ и ГЖ
- Как искать остатки ЛВЖ и ГЖ
- О возможности сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара

При написании данного и последующих разделов этой главы авторы испытывали определенные сомнения – необходимо ли описание методологии обнаружения и технических средств исследования остатков ИГ в книге, тема которой «Анализ экспертных версий...»? Если считать, что отработка и анализ экспертных версий возникновения пожара начинается только после того, как все собранные материалы в виде уголовного дела легли на стол эксперта, то, наверное, разбираться с вопросом, где и как искать остатки ИГ, поздно.

Если же считать, что отработка версий может (а в идеале – должна) начинаться с работы эксперта на месте пожара и только в этом случае, по большому счету, она может быть эффективна, то сведения по технологии поиска ЛВЖ и ГЖ на месте пожара будут явно не лишними.

Исходя из последней точки зрения, приступим к материалам данного раздела.

Где искать остатки ЛВЖ и ГЖ

Остатки ЛВЖ и ГЖ на пожаре следует искать, по крайней мере, в двух местах:

- в зоне характерных подпалов, трейлеров и других визуальных признаков горения горючей жидкости;
- там, куда жидкость могла затечь при поджоге и сохраниться в ходе пожара.

Существует мнение, что поскольку ЛВЖ быстро и интенсивно горит, то на пожаре можно найти только остатки негоревшей горючей жидкости: «...Ясно, что если произошел серьезный пожар, остатки акселеранта можно найти только там, где он не горел» [14]. Это не совсем так. Известно, что горит не сама жидкость, а ее пары. После того, как основная часть жидкости испарится и выгорит, наступает момент, когда концентрация паров над поверхностью материала снижается ниже НКПР и горение прекращается. Таким образом, не вся жидкость выгорает, и ее остатки могут быть найдены в ходе пожара. Помешать этому могут в два объективных обстоятельства – загорание и сгорание самого объекта-носителя остатков ЛВЖ или достаточно длительный и интенсивный нагрев внешним тепловым потоком, который испарит невыгоревшие остатки горючей жидкости.

Поэтому **наибольшие шансы сохраниться у остатков жидкости, если она попала в зону, где относительно «холодно», защищенную от прямого лучистого нагрева пламенем пожара.**

Как известно, холоднее всего в помещении – на полу. Поэтому остатки ИГ обычно хорошо сохраняются под мебелью, под плинтусами, в щелях, пазах разного рода, в том числе внутренних конструкциях полов – в черновом полу, полу под паркетом, шпунте 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 расходится в стороны от щели, смачивая внутреннюю поверхность доски или паркетной планки. Там она прекрасно сохраняется в ходе пожара. Экспериментально установлено, что на обратной стороне паркета даже наиболее легкий из товарных нефтепродуктов – бензин – сохраняется до тех пор, пока паркет не переуглится на всю глубину, т.е. фронт обугливания древесины не дойдет до обратной стороны паркета и чернового пола [19].

Американские методические пособия, например [14], указывают, что «...в большинстве случаев лучшие образцы (имеются в виду пробы, содержащие остатки ИГ) можно получить, когда в остатках после пожара совком прорезывают углубление для того, чтобы проверить, нет ли там остатков полового покрытия. Если есть половое покрытие, образцы берут с него. Могут возникнуть проблемы с отбором образцов, особенно на влагонепроницаемом покрытии (глазиро-

ванная керамическая плитка, листовое виниловое покрытие и др.). Материалы, расположенные на полу (пачки газет, кучи одежды, картонные ящики и т. п.), чаще всего являются лучшим местом для накопления остатков разлитой жидкости. Эти материалы накапливают жидкости в самом нижнем своем слое» [14]. В приведенной цитате всё верно, за исключением сомнительной рекомендации протыкать совком слой пожарного мусора. В зонах, где предполагается наличие остатков ЛВЖ нужно проводить полноценный динамический осмотр и отбирать пробы – на полу, если он сохранился, на грунте или черновом полу – в зоне прогара пола и т. д.

Очевидно, что материалы, *хорошо сорбирующие горючие жидкости*, соответственно, и лучше сохраняют их в ходе пожара. Ниже эта способность различных материалов будет рассмотрена более подробно. Учитывая данное обстоятельство, в ряде зарубежных методик [9,14] даже рекомендуют по началу разобраться, где могли находиться хорошо сорбирующие материалы и там искать остатки ЛВЖ. «...Опрос людей, имеющих полное представление о планировке строения, о том, какая там была мебель, и что там хранилось, может помочь точно определить место нахождения материалов и структурных элементов с высокой абсорбирующей способностью. Эти места являются «ключевыми» для взятия образцов. Путем изоляции этих мест при разборе места пожара, дознаватель существенно увеличивает шансы получения хороших образцов акселерантов для лабораторного анализа» [14].

С одной стороны, в определенных случаях это верно – если жидкостью в равной степени облили и ковролин и бетонный пол, то лучше искать остатки жидкости и отбирать пробы на ковролине. С другой стороны, это очень напоминает известный анекдот про пьяницу, который кромешной ночью искал потерянные ключи от дома под единственным на улице фонарем не потому, что он там их потерял (потерял он их в другом месте), а потому что под фонарем светлее и искать удобнее.

Пол, грунт под ним, мягкая мебель, наваленные газеты, ткани представляются как перспективная сфера поисков остатков ЛВЖ и ГЖ и в [2]; отмечается, что поджигатели часто «...льют акселерант на ковровое покрытие, мебель и голый пол, на кучу бумаги или мусора или на комбинации из этих предметов. Если лить акселерант на поверхности, обладающие способностью к поглощению, такие как земля, газеты или ковровое покрытие, некоторое количество топлива не сгорит. Например, если пачку газет пропитать бензином, выгорит бензин только с внешней стороны пачки, и топливо будет подаваться наружу из внутренних слоев, как в фитиле керосиновой лампы. Топливо возле центра пачки не будет подвергаться воздействию воздуха и даже высокой температуры, особенно если остатки будут намочены водой, что сводит до минимума испарение. Если топливо просочится в землю, сгорит только небольшая его часть и только на поверхности. Вероятно, проще всего обнаружить поджог, если горючую жидкость выливали прямо на пол. Значительная часть топлива не сгорит, а то топливо, которое сгорает, оставляет характерные следы».

Наиболее подходящие места отбора образцов (проб потенциальных объектов-носителей остатков ЛВЖ и ГЖ, рекомендуемые [14], с некоторой корректировкой приведены в таблице 14.1.

Таблица 14.1

Рекомендуемые и не рекомендуемые места отбора проб с остатками ЛВЖ и ГЖ [14]

Наиболее подходящие места отбора проб	Наименее подходящие места отбора проб
наиболее низкие и изолированные от прямого теплового воздействия места	глубоко обугленное дерево
объекты-носители из натуральных и искусственных волокон, ткани, бумага, картон, находящиеся в прямом контакте с акселерантом	«серый пепел» (зола, оставшаяся после полного выгорания вещества или материала)
внутренние швы, разрывы, трещины в конструкциях и предметах	абсолютно непористые поверхности
края обгоревших предметов	центр любого места горения (очаг горения)
вентиляционные отверстия в полу, места вокруг основания несущих колонн или стен	зоны, подвергающиеся наиболее интенсивному воздействию тепла и средств пожаротушения

Как искать остатки ЛВЖ и ГЖ

Выше было описано, где наиболее вероятно сохранение остатков ЛВЖ и ГЖ, использованных злоумышленником в качестве средства поджога, и где их следует искать в первую очередь.

Теперь следует остановиться на вопросе, **как** искать.

Если в результате поджога выгорели один-два квадратных метра пола, то проблемы, где отбирать пробу на ЛВЖ, учитывая вышесказанное, 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 указанных выше визуальных ориентиров, поиски таких мест осуществляют различными, рассмотренными ниже, способами.

Биологические детекторы (Органолептические методы)

Органолептическими называют методы обнаружения или исследования чего-либо с помощью органов чувств – обоняния, осязания, зрения и т.д.

Признаки, выявляемые с помощью визуального осмотра, изложены в разделе 14.4.

В данном случае под обнаружением остатков ИГ органолептически понимают обычно обнаружение их по характерному запаху. Задачу эту с разным успехом могут решать биологические детекторы, в качестве которых может выступать как сам исследователь, так и специально тренированная собака.

а) Использование собственного обоняния

Эффективность человеческого носа как индикатора наличия в воздухе паров ИГ часто недооценивают. Конечно, она зависит от множества факторов, но, тем не менее, по некоторым литературным данным, она может быть сравнима с чувствительностью газового хроматографа. Поэтому при осмотре места пожара, выборе мест для отбора проб, следует, как это не странно звучит, нюхать (принюхиваться). К сожалению, запах гари часто перебивает запах горючей жидкости, но примесь постороннего запаха может быть почувствована и это поможет сориентироваться, где в первую очередь следует отобрать пробу. Особенно актуальна эта рекомендация при динамическом осмотре, когда снимаются слои пожарного мусора, вскрываются полы, прочие закрытые полости и застойные, непроветриваемые зоны. В этот момент часто ощущается запах жидкости, если она пролилась в эти полости при поджоге.

б) Использование собак

В ряде стран (США, Германия и др.) для поисков остатков интенсификаторов горения на месте пожара активно используют собак, в основном лабрадоров. Собаку готовят в специальных питомниках и тренируют на обнаружение 10-15 наиболее распространенных горючих жидкостей (светлых нефтепродуктов, некоторых растворителей). Подготовленная собака стоит дорого (несколько десятков тысяч долларов) и ежедневно по несколько часов тренируется. Тем не менее, применение собак для этих целей считается вполне оправданным.

В России собаки для поисков остатков интенсификаторов горения на месте пожара практически не используются. Но, возможно, подобная практика появится и у нас, поэтому приведем некоторые рекомендации, связанные с их применением [14]:

«Если работающий на пожаре специалист сам чувствует запах акселеранта, собаки не нужны. Опыт показывает, что собаки необходимы в тех случаях, когда есть подозрение или прямые указания на применение горючей жидкости, но человек не чувствует запаха. Собаки успешно обследуют самые поврежденные, самые разрушенные места пожара и находят следы такой жидкости.

Проводники, работающие с собаками, должны быть предупреждены о местах применения на пожаре бензопил, портативных генераторов и других инструментов, заправляемых бензином. То же касается наличия опасных химикатов (инсектициды, хлор) в месте поиска и других опасных местах в помещении.

Собаки обычно натасканы на поиск с целью обнаружения остатков ИГ на полу. Необходимо убрать разрушенные стены или структурные элементы потолка, чтобы собаки могли

входить. Острые металлические предметы, гвозди, проволока, битое стекло представляют собой опасность для собак. Поэтому, если существует опасность для собак, принято переносить в безопасное место объекты, с которыми они должны работать».

Отметим, что собака находит только место отбора пробы для лабораторных исследований, не более. Сам по себе факт того, что собака на пожаре нашла «нечто», не примет в качестве доказательства поджога ни один суд.

Химические и электронные детекторы

В качестве химических детекторов при поисках ЛВЖ могут использоваться газоанализаторы с индикаторными трубками, которые окрашиваются при контакте с определенными группами веществ (паров и газов). У них есть свои недостатки и достоинства, рассмотренные ниже, в разделе 14.6.

В качестве электронных детекторов используются различные электронные газоанализаторы. В основном, фотоионизационного типа (АНТ-3; Колион). Они в настоящее время применяются для этих целей очень широко, потому как просты в использовании и относительно дешевы. Подробнее о них – см. также в разделе 14.6.

Поиски тары из-под ЛВЖ

После поджога преступник вряд ли унесет с собой тару из-под горючей жидкости. Скорее всего, он бросит её где-то поблизости. Поэтому, если установлено или подозревается применение горючей жидкости, всегда имеет смысл поискать такую тару – бутылку, банку, канистру и т.д. (ниже будем называть ее общим термином – контейнер). Если повезет, контейнер может быть обнаружен целым и тогда из него можно будет слить или смыть растворителем остатки горючей жидкости, а также, что очень важно, снять отпечатки пальцев. Скрытые отпечатки пальцев можно найти даже на обожженных и покрытых сажей контейнерах.

Могут быть найдены не целые бутылки и банки, а осколки стеклянной тары или обгоревший, оплавленный агломерат, если банка или бутылка были пластмассовыми. Эти находки менее ценны, чем целые емкости, но все равно подлежат фотофиксации на месте нахождения и изъятию для лабораторных исследований.

Контейнеры часто можно найти в конце дорожки разлива (трейлера), у выхода из помещения, в мусорных ящиках, в ближайших кустах или траве вдоль пути отступления (бегства) поджигателя.

При обнаружении указанных предметов необходимо фотографировать каждый непосредственно на месте и фиксировать его местоположение на рисунке (плане) места пожара.

В [14] отмечается, что многие поджигатели разливают горючую жидкость по полу, продвигаясь от основного места разлива по направлению к какому-нибудь удаленному (изолированному) выходу из здания или помещения, чтобы в конечной точке произвести зажигание и скрыться без опасности для себя. Из этого следует рекомендация – поиск признаков применения акселерантов начинать с того места, где был найден контейнер или от возможного района ухода, продвигаясь к зоне наибольших повреждений. В районе наиболее вероятного места ухода поджигателя рекомендуют заняться поиском остатков зажигательного устройства (спичечный коробок, зажигалка, факел и т.п.) [14].

О возможности сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара

Вопрос с возможности сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара очень важен как для экспертизы, так и для следствия в целом. В течение какого срока можно надеяться на обнаружение остатков горючей жидкости на месте поджога?

И не менее актуальный, особенно в последнее время, вопрос – в каких условиях она вообще могла сохраниться, и какой должна иметь компонентный состав? Как следует понимать, если, например, на древесных углях, отобранных через месяц после пожара, эксперты обнаруживают значительные количества практически неизмененного или малоизмененного по составу бензина? Что это – уникальная способность сохраняться даже на древесных углях, чудо, явный признак фальсификации?

Очевидно, что возможность сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара в общем случае зависит от ряда факторов. Безусловно, лучше всего она сохраняется в закрытой таре (контейнере), если таковую удастся найти на месте пожара, и она не прогрелась, не прокалилась в ходе пожара. Если же речь идет о *разлитой* жидкости, то ее сохранность определяют в основном следующие факторы:

1) Агрегатное состояние. Жидкость может оставаться на месте пожара в виде паров; в виде капель, лужиц на не впитывающих или плохо впитывающих поверхностях; в сорбированном твердыми веществами и материалами виде. Очевидно, что лучше всего она сохраняется в сорбированном виде, а легче всего теряется, разветривается в виде паров.

2) Природа жидкости. Жидкости могут быть с различной молекулярной массой и температурой кипения. Чем ниже температура кипения, тем меньше шансов на обнаружение остатков на месте пожара. Ацетон или серный эфир испаряются очень быстро, лучше сохраняется этиловый спирт, еще лучше бензин, еще лучше дизельное топливо и т.д.

3) Температура и длительность теплового воздействия на объект-носитель в ходе пожара и, соответственно, **степень выгорания и испарения.** Понятно, что, чем меньше жидкость испарилась и выгорела на пожаре, тем больше ее осталось и тем выше шансы на ее обнаружение и классификацию (установление природы, типа, марки и т.д.).

4) Интенсивность применения огнетушащих средств. Если место нахождения остатков жидкости хорошо «промыли» при тушении пожара водой, то возможности ее сохранения и обнаружения резко снижаются. Гидрофильные жидкости, растворяющиеся в воде, такие, как спирт, ацетон вымываются и теряются естественно лучше, чем гидрофобные, не растворимые в воде. В закрытых зонах, местах менее интенсивной проливки, шансы на сохранение остатков и их обнаружение возрастают.

5) Пористость и сорбционные свойства объекта-носителя, его теплопроводность. Чем более пористый, лучше впитывающий горючую жидкость материал, тем он лучше сохраняет ее остатки. Даже если они выгорели с поверхности, остатки ЛВЖ сохраняются в глубинных слоях. Тряпки, факелы, теплоизоляция стен могут обгореть по поверхности, сохранив, тем не менее, остатки ЛВЖ в своей массе. Нужно отметить, что пористые материалы обычно обладают плохой теплопроводностью и за счет этого плохо прогреваются вглубь, что тоже способствует сохранению в них остатков сорбированных жидкостей.

6) Погодные условия. Очевидно, что, чем выше температура окружающей среды, тем быстрее испаряются и теряются остатки ЛВЖ и ГЖ. Поэтому зимой, особенно под снежным покровом, остатки жидкостей сохраняются лучше, чем летом.

7) Количество вылитой жидкости. Если жидкость разлита на хорошо и быстро впитывающей поверхности, то тут эффект очевиден – чем больше налито, тем больше впитается и больше сохранится. На прочих горизонтальных поверхностях жидкость растекается по поверхности, тем самым увеличивается площадь испарения и потери жидкости за счет этого процесса, как при пожаре, так и после него.

В работах [22-24] приводятся результаты исследования возможности обнаружения остатков бензина и осветительного керосина на грунте и асфальтовом покрытии с помощью фотоионизационного детектора. Оказалось, что результат практически не зависел от количества разлитого нефтепродукта. Именно за счет того, что с увеличением количества вылитого ЛВЖ (ГЖ) увеличивалась площадь его испарения.

8) Форма поверхности объекта носителя и ее пространственная ориентация. Если поверхность, куда попала жидкость, не вертикальная или наклонная, а горизонтальная, с углублениями, то это способствует локальным скоплениям жидкости и ее лучшему впитыванию. Еще и поэтому, если при поджоге облили горючей жидкостью дверь, то остатки ЛВЖ имеет смысл искать (и пробы отбирать) скорее на полу под дверью, куда стечет избыток жидкости, нежели на самом дверном полотне.

Приведенные выше общие соображения попробуем подкрепить конкретными количественными данными, характеризующими временные рамки, в пределах которых экспериментально показана возможность обнаружения остатков ЛВЖ (ГЖ) в модельных условиях пожара. Их трудно системати-

зировать, потому что условия проведения экспериментов разные у разных авторов. Тем не менее, вместе они формируют определенную картину.

Дж. ДеХаан [2] приводит данные Лоскальцо, ДеФореста и Чао, которые в ходе экспериментов проливали **бензин** на фанеру, ковер и землю, зажигали его и проверяли возможность обнаружения остатков через различные интервалы времени. В зависимости от продолжительности горения бензина остатки бензина можно было идентифицировать методом газовой хроматографии через **24 часа** после горения на ковровом покрытии и через **162 часа** на земле [25].

Более поздние эксперименты показали, что небольшие количества **керосина** (несгоревшие) обнаруживались стандартными методами судебной экспертизы на джинсовой ткани только в течение **24 часов** и только в течение **72 часов** на туфлях, хранимых в помещении при температуре 22°C. Остатки бензина обнаруживались в течение времени, меньшего, чем 24 часа, на туфлях и джинсовой ткани, но на ковре все же обнаруживались после **7 суток** хранения на открытом воздухе при температуре 5-15°C [2].

Нужно сказать, что 24-х часовой срок обнаружения светлых нефтепродуктов представляется довольно пессимистичным. Опыт отечественных экспертных исследований показывает, что остатки ЛВЖ могут обнаруживаться в ряде случаев и по прошествии не одних, а нескольких суток.

Одни из последних данных на эту тему получены Ю.Н. Елисеевым с соавторами.

Исследования по изучению возможности сохранения остатков светлых нефтепродуктов проводились при различных погодных условиях в осенне-зимний (средняя температура воздуха – -3°C (осень) и -14°C (зима), снег, дождь) и летний (средняя температура воздуха – +20,5°C) периоды. На грунт и асфальтовое покрытие выливали от 100 до 500 мл бензина и осветительного керосина или дизельного топлива, после чего периодически измеряли концентрацию паров НП с помощью газоанализатора с фотоионизационным детектором АНТ-3.

Во всех проведенных экспериментах концентрация паров бензина и керосина резко падала в течение первых 2 суток, а затем медленно снижалась. Достигала фонового уровня она лишь через 8-19 суток!

Конкретные сроки, в течение которых в условиях эксперимента удавалось обнаруживать остатки бензина и керосина с помощью фотоионизационного детектора АНТ-3, приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2

Сроки обнаружения детектируемых количеств светлых нефтепродуктов прибором АНТ-3 (сутки) [24]

Время года	Тип дорожного покрытия	Бензин АИ-80		Дизельное топливо ДТ-1	
		выгорание + испарение	испарение	выгорание + испарение	испарение
Осень-зима	грунт	11	14	16	19
	асфальт	8	9	10	10
Лето	грунт	3	3	>5	>5
	асфальт	3	3	5	5

Как видим, остатки светлых нефтепродуктов (СНП) лучше сохраняются на легковпитывающем дорожном (грунтовом) покрытии (табл. 14.2). Если сравнить, что хуже для сохранности ИГ – летняя повышенная температура или осенне-зимние снега-дожди, вымывающие ЛВЖ из грунта и с асфальта, то получается, что хуже все-таки повышенная летняя температура и сопутствующее ей более интенсивное испарение.

Но во всех случаях остатки СНП обнаруживались на месте пролива **более 3-х суток**. Это ставит под сомнение известное убеждение о том, что после суток искать остатки ЛВЖ и ГЖ на месте пожара бесполезно. Обратим к тому же внимание, что указанные сроки обнаружения установлены

для **газоанализатора** (правда, довольно чувствительного), который анализирует пары в воздухе. Возможности современных лабораторных инструментальных методов исследования отобранных на месте пожара твердых проб объектов-носителей (газожидкостная хроматография, флуоресцентная спектроскопия) гораздо серьезнее и возможные сроки обнаружения будут еще больше.

Возможности сохранения и обнаружения остатков СНП, в том числе на корпусе автомобиля, подтвердили результаты эксперимента по поджогу автомобиля «Toyota Supra» 1989 года выпуска [22, 27].

Транспортное средство находилось в полностью снаряженном и рабочем состоянии. Поджог осуществляли путем выплескивания 4 литров бензина на лобовое стекло и 1 литра на левое заднее колесо, с последующим воспламенением. Тушение автомобиля производили с помощью ручного пожарного ствола спустя 15 минут после начала горения.

Эксперимент подтвердил возможность обнаружения остатков светлых нефтепродуктов (средств поджога) в газовой фазе. Несмотря на то, что до сих пор считалось практически невозможным сохранение остатков ЛВЖ на непористых, металлических поверхностях кузова автомобиля, пары бензина устойчиво обнаруживались фотоионизационным детектором в «сливных каналах» автомобиля в течение суток. Это следует учитывать в экспертной практике и обследовать сливные каналы, если осмотр автомобиля производился в указанные сроки.

Оказалось также, что около двух с половиной суток остатки разлитой жидкости сохранялись на асфальтовом покрытии около автомобиля. А наиболее продолжительное время (5 суток) жидкость, использованная для поджога, сохранялась под остатками передних колес и правого заднего колеса.

14.6. Сбор остатков ЛВЖ, отбор проб различных объектов-носителей

- Отбор проб паровой фазы
- Отбор жидких проб
- Отбор твердых проб отдельных материалов
- Упаковка проб
- Предотвращение перекрёстного загрязнения

Как уже отмечалось, остатки ЛВЖ и ГЖ, примененных в качестве средства поджога, могут быть обнаружены в паровой фазе, в жидкой фазе и в сорбированном твердыми материалами виде. Обычно в литературе достаточно подробно описывают технологию отбора проб наиболее распространенных материалов – древесины, тканей, грунта [17-19, 28]. Здесь мы постараемся расширить список этих материалов, заодно охарактеризовав, насколько каждый из них потенциально способен сохранять остатки данных ИГ.

Отбор проб паровой фазы

Шансы на обнаружение паров ЛВЖ и ГЖ в воздухе на месте пожара значительно меньше, чем в сорбированном виде. Тем не менее, во многих случаях пары обнаруживаются описанными выше полевыми методами (газоанализаторы с фотоионизационными детекторами и химические с индикаторными трубками). Если же надо отобрать пробу паровой фазы для лабораторных исследований, то лучший способ – **концентрирование на сорбенте**. Воздух просасывается через трубку с сорбентом, после чего трубка герметически закрывается и отправляется в лабораторию. Трубки с сорбентом (силикагелем) входят, в частности, в комплект описанного ниже многоканального химического газоанализатора.

Еще лучший вариант – использование трубок с сорбентом «тенакс», которые выпускаются в качестве комплектующих к газовым хроматографам «Кристалл-5000». В лаборатории такая трубка вставляется непосредственно в термодесорбер хроматографа и сорбированное вещество анализируется, минуя стадию экстракции жидким растворителем.

Самый простой, но наименее эффективный вариант – наполнить бутылку водой и вылить ее на месте отбора пробы. Воздух, содержащий пары горючей жидкости, заполняет пустую бутылку, ее плотно закрывают и отправляют в лабораторию.

Отбор жидких проб

Если повезет, ЛВЖ и ГЖ может сохраниться в виде капель, лужиц или пленки на поверхности воды. Местами таких скоплений могут быть дефекты, углубления в полах, других поверхностях. В Стандарте США 921 указывается: «...попы редко бывают ровными. На путях основного движения они со временем прогибаются. Люди обычно ходят и передвигают что-либо по центру узких проходов и коридоров или по бокам широких проходов, коридоров. В местах постоянного давления, таких, как лестничная площадка, пол со временем прогибается. Жидкость течет вниз, и разливы происходят в низких местах» [9]. Неплохое наблюдение. Отметим только, что чаще дело не в прогибе, а в истирании половиц, лестничных маршей и т.д. в местах наиболее интенсивного движения. И там действительно может скапливаться жидкость.

Жидкий ИГ может быть собран новым шприцем, пипеткой, сифонным устройством. Для поглощения жидкости могут быть использованы стерильные шарики ваты или слои марли, а также пористые бумажные материалы, в частности, бумажные салфетки, полотенца и даже туалетная бумага.

Как показано в недавно выполненной И. В. Клаптюк с соавторами работе, очень хорошим средством сбора жидких остатков ИГ, в том числе с поверхности воды, влажных твердых объектов и др., могут быть пластины из специальных гидрофобных сорбентов [29].

Отбор твердых проб отдельных материалов

1. Древесина

При поисках остатков ИГ наибольший интерес представляют полы, пороги, плинтусы, дверные коробки, мебель и деревянные лестницы. Многие поджигатели выливают горючую жидкость на пол или на лестницу и поджигают ее.

При отборе проб следует обратить особое внимание на швы, щели и соединения. Одно из самых важных свойств древесины – низкая теплопроводность. Жидкие ИГ, разлитые на деревянных полах и лестницах, часто просачиваются в швы, под пороги, плинтуса. Они могут оставаться там, не подвергаясь нагреву в ходе пожара и, соответственно, не испаряясь. Выше уже отмечался экспериментально установленный факт – если бензин или другая горючая жидкость просочился через стык между досками или паркетными планками и попал на тыльную сторону доски, он там сохранится, пока доска не переуглится на всю глубину [19]. А такое случается достаточно редко, полы на пожаре в основном сохраняются.

Американские специалисты по расследованию пожаров рекомендуют: «...Отдирайте ломом плинтусы и пороги. Пользуясь топориком или стамеской, возьмите образцы с нижней части или с края плинтусов, порогов и т. д. Возьмите образцы с поверхности пола под порогами и плинтусами. Ищите швы под порогами и плинтусами в местах стыковки полов смежных комнат или стыковки полов и стен.

При сборе образцов на деревянной лестнице вырубайте стамеской края швов между ступенями и под ступенью лестницы. Также берите образцы под резиной или под планками. Ковровое покрытие является превосходным образцом. Также образцы можно брать из швов в перилах и стойках перил.

Если возможно, возьмите образцы для сравнения. Необходимо брать образцы для сравнения из той же доски, из которой был взят образец акселеранта. Если это невозможно, возьмите образец из защищенного места» [14].

Иностранцы мотивируют необходимость отбора образца сравнения тем, что большая часть древесных пород, используемых в строительном деле, содержит терпены или скипидары [2].

Очевидно, дело не совсем в этом. Перепутать остатки большинства инициаторов горения с экстрактивными веществами чистой древесины при современных методах анализа (газожидкостная хроматография, флуоресцентная спектроскопия) может только очень неопытный исследователь (разве что поджигатель в качестве ИГ использует скипидар, продаваемый в качестве растворителя для лаков и красок). Скорее, дело в возможности наличия на поверхности древесины (например, пола) покрытия из мастики, лака, краски. Кроме того, отбор пробы сравнения необходим с юридической (правовой) точки зрения, чтобы снять при случае ненужные сомнения у следственных органов и суда.

Необходимо иметь в виду, что пробы *обугленной* древесины (древесные угли) отбирать не следует ни в коем случае. В угле остатки ЛВЖ уже выгорели, их там нет. Поэтому отбирать надо *необгоревшую* древесину.

Если имеются характерные пятна-подпалины от выгоревшей ГЖ, то проба древесины отбирается *по периметру* этого пятна.

В американской литературе по расследованию поджогов указывается, что «...необходимо искать места вертикального расположения древесных волокон, таких как ножки мебели или дверные коробки. Жидкие акселеранты при попадании в такие места часто абсорбируются вертикальными волокнами деревянных предметов таким же образом, как вода абсорбируется деревом» [14]. Все правильно. Давно установлено, что бензин и большинство других жидкостей при поджоге проникают в древесину «поперек волокон» плохо, на глубину не более 1 мм. Конечно, это не касается всевозможных сучков, трещин и других дефектов древесины. В то же время, вдоль волокон они прекрасно впитываются, подымаясь, как и вода, по капиллярным каналам древесины [19]. Поэтому и рекомендуется отбор проб осуществлять:

а) с поверхности доски поперек ее волокон – состругиванием, соскобом ножом, стамеской и т.п. инструментом на глубину до 1 мм;

б) если есть подозрение на проникновение жидкости с торца доски или бревна – отпиливанием торца на длину до 100 мм;

в) всевозможные пазы, отверстия от гвоздей, сучков и т.д. необходимо выскоблить на всю глубину.

Выскоблить необходимо также обратную сторону доски в зоне сквозного прогара.

Таким образом, основной метод отбора проб древесины – *соскоб, состругивание* достаточного тонкого ее слоя. Отбирать на всякий случай лишнюю древесину не следует. Ее экстрактивные вещества только мешают обнаружению искомой жидкости [17-19].

Американцы, хоть и советуют орудовать более грубым инструментом, но тоже понимают, что лишнюю чистую древесину отбирать ни к чему: «...Отрубайте топориком тонкие щепки по обе стороны швов деревянного пола. Щепки поместите вертикально в контейнер, заполнив две трети объема. Так как акселеранты не абсорбируются в древесину глубоко, постарайтесь собрать как можно больше щепок, отколотых от краев швов. Постарайтесь наполнить контейнер на две трети объема» [14].

В труднодоступных местах (углубления, пазы и др.) остатки ЛВЖ с древесины можно извлечь смыванием их органическим растворителем. Для этого пользуются ватными тампонами – обильно смоченным растворителем и сухим – ими последовательно протирают древесину. Тампоны после этого складывают в герметически закрывающуюся емкость и отправляют на исследование.

2. Бумага, картон

Бумага, картон хорошо впитывают ЛВЖ. Если жидкости вылиты много и имеется толстый слой рассыпанных бумажных изделий, жидкость пропитывает верхние слои, просачивается в нижние и там часто сохраняется, даже если выгорели, обуглились слои верхние. При осмотре места пожара и поисках остатков ЛВЖ и ГЖ это надо учитывать.

3. Ткани и изделия из них

Ткани прекрасно сохраняют нефтепродукты и другие жидкости даже при обгорании. Пример тому – факелы, с помощью которых часто совершают поджоги. Несмотря на то, что тряпка сильно

обгорают, горючая жидкость в них обычно легко обнаруживается даже по запаху. Обгоревшие ткани сохраняют остатки горючих жидкостей благодаря своей пористости. Поэтому ткани, в отличие от древесины, на пожаре отбирают в качестве потенциальных объектов-носителей даже *обгоревшие*.

4. Ковры

Ковер – это изделие, которое может состоять из волокон различной химической природы, включая шерсть, искусственный шелк, нейлон и др. Большая их часть имеет сильно выраженное свойство впитывать и удерживать горючие жидкости, поэтому они являются идеальными их потенциальными объектами-носителями.

На месте пожара рекомендуется поднимать все ковровые покрытия, чтобы проверить наличие запаха интенсификатора горения или локального пятна, которое может образоваться на месте, куда просочилась горючая жидкость.

Если есть подозрение на присутствие акселеранта, американцы рекомендуют отрезать длинную полосу коврового покрытия, скатать эту полосу в рулончик, удалить излишнюю воду и поместить как можно большее количество образца на дно контейнера так, чтобы он занимал примерно две трети объема [14].

Большая часть экспертов рекомендует брать образцы вдоль края того места, где была горючая жидкость, так как некоторые исследования показывают, что там остается наибольшее её количество. Рекомендуют также отбирать пробы коврового покрытия под ножками уцелевшей мебели, под металлическими полосами, отделяющими комнаты друг от друга, под плинтусами и за плинтусами, под порогами.

По аналогии с тканями, возможен отбор проб ковра на обгоревших участках.

В случае ковров также желателен отбор образцов для сравнения. Их следует искать в защищенных от возможного проникновения горючей жидкости зонах на том же полу, под шкафами, столами или грудями книг, находящимися далеко от места применения горючей жидкости.

5. Глазирванная керамическая плитка

Глазирванная керамическая (кафельная) плитка получается в основном из минерального сырья (глины) путем обжига при высокой температуре. Глазирование – это вторая ступень процесса, когда смесь оксидов (кремния или алюминия) наносится на плитку с целью образования влагонепроницаемой поверхности. Обычно плитка применяется для отделки кухни, ванны и является очень плохим потенциальным объектом-носителем остатков ЛВЖ и ГЖ из-за малой пористости.

Тем не менее, пробы на поверхностях, покрытых плиткой, можно отбирать – *по швам*, где имеется замазка, а также в местах, где присутствует лепка (бордюры и т.п.), треснувшие поверхности, а также какие-либо поглощающие жидкость материалы на поверхности керамической плитки.

Рекомендуется также брать образцы состава, на который кладется плитка (цементный камень, клеевой состав, мастика и т.д.), по краям плитки [14].

6. Поверхности цементного камня; бетонные и железобетонные поверхности

Элементы конструкций, изготовленные на основе цементного связующего, имеют, как принято считать [9, 14], поверхность, которая обладает определенной пористостью и способна поглощать (адсорбировать) остатки разлитой горючей жидкости. Данные, которые экспериментально подтвердили или опровергали это утверждение, нам неизвестны, поэтому остается согласиться с мнением зарубежных коллег и рекомендовать отбирать пробы цементного камня при поисках остатков ЛВЖ на месте пожара. Очевидно, что делать это следует, если в зоне возможного нахождения остатков ЛВЖ нет более подходящих объектов-носителей – древесины, тканей, грунта и т.д.

Впрочем, недостаточная привлекательность цементного камня (бетонного покрытия) как объекта-носителя ЛВЖ, осознается и зарубежными специалистами. Поэтому в [9, 14] рекомендуется все же основное внимание уделять более активно адсорбирующим материалам, (бумага, тряпки, одежда и т.д.), сложенным прямо на бетонном полу в месте разлива горючей жидкости.

Также рекомендуется искать образовавшиеся до пожара трещины, швы и щели и места, где температура могла быть ниже и где горючая жидкость могла лучше сохраниться.

Отмечается также, что обычные горючие жидкости, разлитые на бетоне и затем зажженные, часто оставляют смешанные черные, коричневые и серые следы загрязнения, совпадающие по форме с первоначальными очертаниями разлитой лужи. В этом месте часто сохраняется слабый запах горючей жидкости и могут проявляться водоотталкивающие свойства, если слой воды тонкий [14].

Для отбора проб с бетонной поверхности предлагается несколько методик [9,14], в том числе применение специальных адсорбентов, которые рассыпаются по поверхности бетонного пола. Выбор методики или комбинации методик зависит от конкретной ситуации.

Взятие образцов из трещин и щелей, образовавшихся до пожара. Трещины в половой поверхности, образовавшиеся до пожара, после сгорания в них ЛВЖ обычно сохраняют какое-то количество сажи, которая является продуктом неполного сгорания топлива. Трещины, образовавшиеся после пожара в результате растрескивания при нагревании, обычно имеют более чистые края [14].

При помощи слесарного зубила и молотка рекомендуется отбить края трещин, образовавшихся до пожара, на полдюйма с каждой стороны. Целесообразно также взять образец материала основания (почва и др.) непосредственно под трещиной. Образец цементного камня (бетона) измельчают на мелкие кусочки, пересыпают в контейнер, заполняя две трети объема, не уплотняя, и закрывают контейнер [14].

Отбор образцов непосредственно с поверхности. Рекомендуется положить кусок ткани по периметру следа горения. Молотком наносят резкие удары, чтобы расколоть бетонную поверхность. Тонкие (толщиной полдюйма), маленькие кусочки бетонной поверхности пола могут содержать остатки акселеранта [14].

Применение химического адсорбента. Для сбора остатков ИГ с твердых поверхностей относительно большой площади (прежде всего, пола) в зарубежных литературных источниках рекомендуется использовать адсорбирующие материалы, такие, как известь, силикагель, активированный уголь, другие простейшие и недорогие сорбенты, применяемые, в частности, в газовой хроматографии. Абсорбент насыпают на бетонную поверхность и оставляют на 20-50 минут, затем собирают в контейнер.

В качестве сорбентов рекомендуют использовать даже такие простейшие средства, как известь или пшеничная мука, которые можно купить в ближайшем хозяйственном магазине или супермаркете. Предварительно площадь пола смачивают мелкораспыленной водой, а затем покрывают слоем толщиной примерно в 1-2 мм мелко измельченной известью, применяемой в сельском хозяйстве. После 30 минутной выдержки собирают абсорбент совком или шваброй и помещают в контейнер, не уплотняя [14].

Перечисленные адсорбенты относятся к разряду подручных; более эффективно может быть применение специальных адсорбентов, типа указанных выше активированного угля или силикагеля [9].

Нужно сказать, что сами авторы приведенных выше публикаций не очень верят в эффективность применения адсорбентов. Поэтому в первую очередь рекомендуют отбор проб потенциальных объектов-носителей непосредственно из нижних слоев пористых, хорошо поглощающих жидкость веществ и материалов, находящихся на полу (тканей, мелкого пожарного мусора и т.д.). Мы же приводим примеры использования столь экзотических средств, полагая, что могут возникнуть нестандартные ситуации, когда их применение окажется оправданным.

Применение твердофазных сорбентов.

Гораздо эффективнее применение для обнаружения на поверхности бетонного пола (в том числе, мокрого после тушения пожара), а также для отбора проб с поверхности, специальных твердофазных сорбентов в виде пластин из полимерных материалов. Подробнее см. [29].

7. Штукатурка, акустические плитки и т.п. материалы

Штукатурка, сухая штукатурка типа гипрока, всевозможные гипсовые декоративные и акустические плитки в литературе упоминаются как материалы, хорошо сорбирующие остатки ЛВЖ и ГЖ [14].

Экспериментальные исследования, проведенные в Исследовательском центре экспертизы пожаров, подтвердили – гипрок и ему подобные материалы прекрасно впитывают бензин, среднедистеллятные топлива. Отбирать пробы таких материалов можно методом соскоба, благо, что гипсовые материалы и известковая штукатурка мягче бетона и соскобы могут быть произведены без особого труда.

8. Плиточное половое покрытие

Плиточное половое покрытие может быть полимерным, из обычной керамики или из других материалов. В плиточном покрытии остатки горючей жидкости могут сохраниться благодаря наличию *швов*. Попавшая в швы горючая жидкость может частично растворять полимерный клей в швах, а при горении способствовать сгоранию и этого клеевого состава. В результате поверхность пола приобретает вид «шахматной доски».

Американское пособие по расследованию поджогов рекомендует осторожно вычистить, а затем вымыть поверхность покрытия, осторожно споласкивая водой, до тех пор, пока станет возможным произвести фотографирование следов, образовавшихся в результате горения акселеранта во швах. Сфотографировать (для сравнения) нужно и участки того же полового покрытия, где нет таких следов. Далее рекомендуется приподнять края плиток отверткой или шпателем и отодвигая их на полдюйма от края каждого шва, отобрать пробы клеевого состава для исследования в лаборатории [14].

9. Листовое покрытие из линолеума

Современный линолеум изготавливается из термопластичных полимерных материалов – поливинилхлорида, алкидных полимеров и др. В основном выпускается линолеум без основы (утеплителя). Старый классический линолеум (так называемый ретролинолеум) изготавливается на основе джутовой ткани, парусины или подобных материалов, покрытых смесью льняного масла, клеящего вещества, порошка пробки и/или деревянных опилок.

Обычно линолеумы имеют твердое, плохо поглощающее жидкости покрытие. Часто наружный слой линолеума прикрепляется к субоснове при помощи эпоксидных смол или веществ, содержащих клеи на углеводородной основе. Поэтому при отборе проб линолеума или клея, мастики, которой он приклеен к полу, обязательно рекомендуется брать образцы для сравнения.

Разлив обычных горючих жидкостей на линолеуме имеет два следствия:

- поверхность линолеума размягчается и начинает частично растворяться;
- если произойдет загорание, покрытие на краю разлива начнет плавиться, гореть и обугливаться. В центре разлива обычно наблюдается наибольшая интенсивность тепловыделения, наибольшая температура и меньше всего шансов обнаружить остатки горючей жидкости.

Учитывая данные обстоятельства, для отбора проб линолеума с остатками ЛВЖ и ГЖ рекомендуется [14]:

– *искать трещины, разрывы, прорехи, образовавшиеся до пожара, особенно возле тяжелых предметов. Ножом или отверткой отбирать пробу, сняв оставшуюся поверхность и подповерхностный слой;*

– *найти шов между двумя листами линолеума и пройти вдоль него до того места, где была разлита горючая жидкость. Отобрать образцы в месте соединения двух листов и под ними;*

– *определить очертания зоны разлива горючей жидкости и отрезать длинные, узкие полосы полового покрытия вдоль периметра. Свернуть их и уложить в контейнер вертикально, оставив одну треть свободного объема.*

10. Грунт, песчаные (земляные) полы

Часто встречаются случаи, когда горючие жидкости проливаются на грунт под полом, в подвалы или попадают на землю, когда поджигатель делает «дорожку» из жидкости на земле.

Почва представляет собой отличный потенциальный объект-носитель остатков ИГ, так как имеет повышенную пористость и часто остается холодной и влажной во время пожара, замедляя испарение горючей жидкости.

Считается, что почва, богатая органическими материалами, суглинком или глиной, лучше сохраняет жидкий акселерант, чем песчаная почва [14].

В соответствии с рекомендациями [9,14], пробы грунта следует отбирать следующим образом:

а) Определяют зону отбора проб, поднимая верхние два дюйма (50 мм) почвы или вытаскивая пучки травы или другой растительности, имеющей корневую систему, чтобы проверить наличие запаха.

б) Берут для образца почву из слоя глубиной от четырех до шести дюймов (10-15 см), а также корни растений, если они способны абсорбировать акселерант.

в) Если есть основания полагать, что в почве содержатся остатки акселеранта, рекомендуется или быстро доставлять образцы в лабораторию, или замораживать их. Бактерии, живущие в почве, разлагают многие виды акселерантов, полученные из сырой нефти и могут быстро уничтожить остатки акселеранта, если не принять срочных мер [9,14].

В последнем пункте американцы, похоже, проявляют излишнюю бдительность; процесс биологического разложения углеводов, конечно, идет, но он очень длительный и если речь идет о хранении в течение 1-2 дней, а не месяцы и годы, то бактерии, при всей их прожорливости, помешать делу правосудия не успеют.

Нужно отметить также, что специальные эксперименты для выяснения вопроса, как глубоко проникает горячая жидкость в такие материалы, не проводились. Вероятно, это будет зависеть от природы материала, его влажности, дисперсности, природы жидкости, ее количества и других факторов. Мы в своих рекомендациях ранее указывали, что видимо, можно считать достаточным отбор проб на реальных пожарах на глубину до 5 см [17-19, 28]. Как видим, американцы рекомендуют «копать глубже». Трудно сказать, как делать правильнее. Забираясь на избыточную глубину, мы в суммарной пробе снижаем концентрацию искомого ИГ и увеличиваем количество экстрактивных веществ грунта, которые только мешают анализу. Вероятно, действительно имеет смысл проверять наличие запаха в пробах на различной глубине и ориентироваться на наличие или отсутствие его.

Упаковка проб

Требования, предъявляемые к упаковке проб, достаточно жесткие – упаковка должна быть герметична и химически инертна.

Требование **герметичности** вызвано тем, что остатки ЛВЖ и ГЖ, особенно легколетучих-растворителей для лаков и красок, бензинов и т.п. – легко испаряются и могут быть потеряны 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, поскольку не известно, какой жидкостью воспользовался поджигатель – керосином или бензином, поэтому требования к упаковке однозначно предусматривают ее герметичность.

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

Лучше всего указанным требованиям отвечает стеклянная посуда – банки с притертыми стеклянными пробками. За рубежом выпускаются специальные одноразовые наборы таких банок для следователя. Там же активно используются для этих целей герметично закрывающиеся жестяные банки (подобные банкам из-под кофе) или металлические контейнеры с завинчивающимися крышками.

При помещении отобранных образцов в банку, контейнер рекомендуется обязательно оставлять одну треть объема под крышкой свободной [9,14]. Это вполне разумное требование, оно обусловлено тем, что в лаборатории после вскрытия контейнера обычно проводят забор и анализ газовой фазы над образцом и надо, чтобы было свободное пространство для ее формирования, а при нагреве банки было меньше риска срыва крышки за счет повышения давления в ней.

Менее подходящая для упаковки вещественных доказательств с остатками инициаторов горения, но более удобная тара – **пластиковые пакеты**. Самые распространенные из них и доступные для любого дознавателя – полиэтиленовые мешки и пакеты.

К сожалению, не существует полимерных материалов, из которых можно было бы сделать пакеты, абсолютно не пропускающие пары органических веществ. Полиэтилен – не исключение, многие органические жидкости медленно, но 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 упаковка. Пакеты должны быть новые, из толстой пленки, чистые, не рваные (прежде, чем загружать в пакет изъятую пробу, нужно проверить его на герметичность).

После заполнения пакет с пробой необходимо запаять или, по крайней мере, завязать двойным узлом. Удобна в применении защелка типа «Zip-Lock».

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

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

Предотвращение перекрестного загрязнения

Перекрестным загрязнением называется *«непреднамеренное перемещение остатков ИГ с какого-либо района на месте пожара, загрязненного остатками акселеранта, в район сбора образцов»* [14].

В зарубежной литературе и практике экспертизы пожаров очень серьезное внимание уделяется исключению возможности заноса следов инициаторов горения как на место пожара, так и в пределах места пожара из одной зоны в другую, из пробы в пробу. Делается это не только и не столько для реального исключения заноса, как для формального исключения возможности самой постановки такого вопроса в суде.

Иногда внимание к этому вопросу выходит за пределы здравого смысла. Так, в американских судах было несколько инцидентов, когда адвокаты, выгораживая своих клиентов-поджигателей, всерьез доказывали, что обнаруженные на месте пожара остатки ЛВЖ сами пожарные «занесли» на место пожара из пожарной машины на своих сапогах. И теперь в ряде штатов пожарные, прежде, чем зайти на место пожара, демонстративно моют сапоги водой в специально привезенных резиновых емкостях.

Российские правоохранительные органы и эксперты, в частности, еще не ощутили всех «прелестей» столкновения по данному вопросу с какой-либо из сторон в суде. Тем не менее, мы, опережая события, уделим этому вопросу некоторое внимание.

Существуют четыре потенциальных источника перекрестного загрязнения – инструменты, обмундирование, контейнеры для вещественных доказательств и аварийное оборудование [14]. Остановимся на трех основных из них.

Инструменты

«...Специалисты, работающие на месте пожара, должны иметь в своем распоряжении специальный набор инструментов. Эти инструменты положено держать отдельно от другого оборудования и никогда не покрывать составом для предохранения от ржавчины.

После завершения обследования места пожара эти инструменты должны быть вымыты под сильной струей воды. Прежде чем применять инструменты в работе, рекомендуется очищать их изопропиловым (или этиловым) спиртом и вытирать бумагой или ветошью, затем споласкивать пресной водой в присутствии свидетелей. Также эффективны средства, применяющиеся для мытья посуды и тому подобные» [14].

«...Любые инструменты для сбора и оборудование для осмотра (метелки, совки, скребки и т.д.) должны полностью очищаться и между сборами отдельных проб. При этом нельзя

использовать безводные или другие средства для чистки, которые могут содержать летучие растворители» [9].

Альтернативным вариантом может быть использование контейнера непосредственно как инструмента для сбора. Например, крышка металлической коробки может использоваться в качестве совка для помещения отобранной, дпробы грунта или иного сыпучего материала в коробку [9].

Обмундирование

В данном случае речь идет в основном об обуви и перчатках, в которых отбирают пробы и изымают вещественные доказательства.

По поводу обуви указывается, что «...необходимо очистить обувь перед тем, как входить в район сбора образцов и избежать хождения возле места сбора образцов».

Пробы рекомендуется отбирать в латексных (резиновых) или пластиковых перчатках. В крайнем случае, при отсутствии перчаток, рекомендуется помещение своих рук в пластиковые пакеты (как продавцы в булочных, когда берут батон полиэтиленовым пакетом и в этот же пакет его загружают). Причем при сборе каждой последующей пробы должны использоваться новые перчатки или мешки.

Контейнеры для вещественных доказательств

Американские стандарты требуют, чтобы новые (пустые) стальные контейнеры или стеклянные емкости для отбора проб были немедленно запечатаны после получения их от поставщика. Контейнеры должны оставаться опечатанными в течение хранения и транспортировки к месту сбора вещественных доказательств. Открываются контейнеры только для помещения пробы на месте отбора и тут же запечатываются до исследования в лаборатории [9].

В России подобные жесткие требования отсутствуют, но во избежание заноса остатков горючей жидкости и просто во избежание двусмысленных ситуаций, можно рекомендовать следующее:

- полиэтиленовые пакеты, наиболее часто применяемые в России при упаковке проб безусловно, должны быть новые и ранее не использовавшиеся;
- банки, если есть необходимость использовать их многократно должны быть предварительно тщательно промыты несколькими порциями гексана с контролем чистоты последней пробы газохроматографическим и спектрофлуориметрическим методом.

14.7. Полевые и лабораторные методы обнаружения и исследования ЛВЖ и ГЖ – средств поджога

- Полевые приборы и методы
- Лабораторные методы исследования
- Исследование парогазовой фазы над объектом-носителем

Для обнаружения и экспертного исследования остатков ЛВЖ и ГЖ применяются различные инструментальные методы, которые принято разделять на полевые и лабораторные.

Полевые методы, применяемые непосредственно на месте пожара, позволяют обнаружить места наибольших концентраций в воздухе паров ЛВЖ и ГЖ, выявить зоны, где целесообразен отбор газообразных или твердых проб для лабораторных исследований. Рассмотренный ниже многоканальный химический газоанализатор позволяет, кроме того, предварительно оценить природу (компонентный состав) горючей жидкости.

Лабораторные методы (в основном это газовая хроматография и флуоресцентная спектроскопия) позволяют установить состав, разновидность, групповую принадлежность и другие характеристики обнаруженного вещества. Но для их применения на месте пожара необходимо отбирать пробы так называемых «объектов-носителей» остатков горючих жидкостей.

Современная методика экспертного исследования остатков ЛВЖ и ГЖ (средств поджога) после пожара была разработана в Ленинградском филиале ВНИИПО и опубликована в изданиях ВНИИПО МВД СССР и ВНИИСЭ МЮ СССР в 1984-1985 гг. [19]; в усовершенствованном виде она опубликована в [17]. Последняя разработка в этой области выполнена в Исследовательском центре экспертизы пожаров М.Ю. Принцевой, Л.А. Яценко и И. Д. Чешко [28].

Ниже мы кратко остановимся на описании основных существующих полевых и лабораторных методов обнаружения и исследования ИГ, их аналитических возможностях. За более подробными сведениями, которые могут понадобиться в практической работе по данным методикам, советуем читателям обратиться к указанной выше публикации [28].

Полевые приборы и методы

Газоанализаторы с электронными детекторами

Наиболее совершенными в настоящее время приборами, позволяющими обнаружить в воздухе наличие каких-либо газов или паров, являются газоанализаторы с электронными детекторами. К сожалению, по сигналу такого газоанализатора трудно установить, какое конкретно вещество он обнаружил, т. к. детекторы приборов этого типа реагируют, как правило, на целую гамму веществ. Детекторы с термохимическим датчиком – на любые горючие газы и пары, фотоионизационные детекторы – на вещества с потенциалом ионизации менее 10,8 Эв, детекторы по теплопроводности – на любые газы с теплопроводностью, существенно отличающейся от теплопроводности воздуха. Бывают газоанализаторы и с несколькими датчиками различных типов. Так, например, фирмой «Dräger Safety AG & Co. KGaA» в настоящее время выпускается газоизмерительный прибор «Multiwarn», который имеет одновременно инфракрасный оптический датчик, электрохимический и термохимический датчики.

Фотоионизационные детекторы (ФИД) являются одними из наиболее чувствительных и относительно простых современных детекторов, применяемых в переносных газоанализаторах. Из отечественных приборов с газовыми фотоионизационными детекторами наиболее известны и апробированы в работе на местах пожаров два прибора: «Колион» и «Анализатор-течеискатель АНТ» (АНТ-2, АНТ-3) (рис. 14.2).

Газоанализатор с ФИД позволяет обнаружить в воздухе на месте пожара наличие паров органических веществ (ЛВЖ и ГЖ). Используется для выявления зон, где целесообразен отбор газообразных или твердых проб для лабораторных исследований.



Рис. 14.2. Портативные приборы для обнаружения остатков ЛВЖ (ГЖ) на месте пожара:

- 1 – газоанализатор с фотоионизационным детектором АНТ-3;
- 2 – многоканальный газоанализаторы с индикаторными трубками
- 3- флуориметрический индикатор нефтепродуктов ИНПФ-01 ЭП

К сожалению, по сигналу газового детектора невозможно установить, какое конкретно вещество он обнаружил, т. к. приборы этого типа реагируют, как правило, на целую гамму веществ с потенциалом ионизации менее 10,8 Эв. В число газов и паров, имеющих потенциал ионизации ниже 10,8 Эв, входят органические вещества практически всех известных классов – предельные углеводороды (от бутана и выше), алифатические альдегиды и кетоны, спирты, простые эфиры, сложные эфиры, кислоты, олефины, амины, ароматические углеводороды и др. Из распространенных неорганических веществ газоанализатор с ФИД определяет только аммиак и сероводород.

Имеют потенциал ионизации более 10,8 Эв и не фиксируются датчиком лишь самые легкие представители указанных классов - метан, этан, пропан, формальдегид, метанол, муравьиная кислота и т.п., а также оксид и диоксид углерода, кислород, водород, азот, фтор, хлор, фтористый, хлористый, бромистый водороды и некоторые другие газы. Из приведенного перечня следует, что практически все применяемые поджигателями ЛВЖ и ГЖ (бензин, керосин, растворители для лаков и красок и др.) могут быть обнаружены прибором с фотоионизационным детектором.

Газоанализаторы с индикаторными трубками

В мире широко известны простейшие газоанализаторы с индикаторными трубками. Газоанализаторы этого типа работают по линейно-колористическому принципу и представляют собой ручной насос, с помощью которого определенное количество воздуха прокачивается через стеклянную индикаторную трубку. Трубки, используемые в газоанализаторах, рассчитаны в основном на количественное определение индивидуальных веществ или смесей, например, бензина, толуола, ацетона, спиртов и т. д. При наличии газов или паров определенной жидкости содержимое трубки (твердый носитель, пропитанный реактивом) окрашивается в соответствующий цвет. При этом длина окрашенной зоны пропорциональна концентрации паров данного компонента в воздухе.

При пользовании этими газоанализаторами и интерпретации получаемых с их помощью данных необходимо учитывать возможность срабатывания индикаторных трубок на продукты термического разложения конструкционных и отделочных материалов, присутствующих на месте пожара. Дополнительное неудобство при пользовании трубками создают ограниченные сроки их хранения. Кроме того, на пожаре неизвестно, какую жидкость применил поджигатель и, соответственно, какую трубку необходимо использовать для поисков остатков ЛВЖ. Обычно используют индикаторную трубку, рассчитанную на обнаружение наиболее распространенного поджигающего вещества, – бензина. Если поджигатель применил другой инициатор горения, например, из группы растворителей не нефтяной природы, то это вещество вряд ли будет найдено.

С другой стороны, если на трубке имеется маркировка «бензин», то это означает только, что она *отградуирована на количественное определение паров бензина*. При этом вовсе не значит, что она не будет реагировать на пары керосина, дизельного топлива или других углеводородов — они также содержат компоненты, дающие положительную (цветную) реакцию при взаимодействии с содержащимися в трубке реактивами. Поэтому совершенно недопустимо лишь по срабатыванию трубки с маркировкой, например «бензин» давать заключение о наличии в пробе именно бензина и, тем более, делать это при лабораторном исследовании проб.

Для того, чтобы по результатам анализа газовой фазы можно было делать более определенные выводы о природе обнаруженных газов или паров, Санкт-Петербургским ЗАО НПФ «Сервэк» совместно со специалистами Исследовательского центра экспертизы пожаров был разработан специальный *многоканальный газоанализатор ГХМ-ЭП* [30] (рис. 14.2).

В настоящее время он входит в состав оборудования, которым комплектуются автомобильно-лаборатории, находящиеся в эксплуатации в СЭУ ФПС. Газоанализатор позволяет уже на месте пожара предварительно классифицировать пары неизвестной жидкости в отсутствие дорогостоящих методов анализа, таких, как газожидкостная хроматография, флуоресцентная спектроскопия и инфракрасная спектроскопия.

Многоканальный газоанализатор состоит из насоса сифонного типа и многоканальной насадки, позволяющей устанавливать и прокачивать одновременно 6 трубок. В комплект входят 4 специально подобранные индикаторные трубки для определения алифатических углеводородов, ароматических углеводородов, кетонов и спиртов, а также 2 трубки с сорбентом.

Принцип действия многоканального газоанализатора основан на том, что различные по природе и компонентному составу горючие жидкости дают различное сочетание окрасок индикаторных трубок (табл. 14.1).

Таблица 14.1

Возможные комбинации окрашивания индикаторных трубок газоанализатора ГХМ-ЭП при обнаружении различных ЛВЖ и ГЖ

№	алканы	арены	спирты	кетоны	Обнаруженная группа веществ	Примеры товарных продуктов
1	2	3	4	5	6	7
1	+	-	-	-	Алифатические углеводороды	Индивидуальные вещества (пентан, гексан, гептан и др.); некоторые светлые нефтепродукты (керосин для тех. целей ГОСТ18499-73, бензин для пром. техн. целей ГОСТ 8505-57, жидкость для розжига и др.)
2	+	+	-	-	Смесь алифатических и ароматических углеводородов	Светлые нефтепродукты (керосин осветительный, бензин, дизельное топливо, уайт-спирит, нефрасы, растворитель РС-2 и др.)
3	+	+	+	-	Смесь алифатических, ароматических углеводородов и спиртов	Смесевые растворители (растворитель Р-651, пятновыводитель «Варис» и др.)
4	+	+	+	+	Смесь алифатических, ароматических углеводородов, спиртов и кетонов	Смесевые растворители (растворитель антипригарных красок и др.)
5	-	+	+	+	Смесь ароматических углеводородов, спиртов, кетонов	Смесевые растворители нефтяной природы (растворители для нитрокрасок № 645, 647, 646, РДВ и др.)
6	-	-	+	+	Смесь спиртов и кетонов	Смесевые растворители нефтяной природы (растворитель Э-80 и др.)
7	-	-	-	+	Кетонсодержащие вещества	Индивидуальные вещества (ацетон, бутанон и др.); растворители нефтяной природы (растворитель А (ацетонэфирный), жидкость для снятия лака и др.)
8	-	-	+	-	Спиртосодержащее вещество	Индивидуальные вещества (метанол, этанол, бутанол и др.); парфюмерно-косметические (духи, одеколоны и др.); пищевые продукты (настойки и др.); технические жидкости (тормозная жидкость, жидкость для мытья окон и др.)
9	-	+	-	-	Ароматические углеводороды	Индивидуальные вещества (бензол, толуол, ксилол и др.); растворители (солювент нефтяной, растворитель Р-12); лаки (ГФ-070, КО-116 и др.).

Продолжение таблицы 14.1

№	алканы	арены	спирты	кетоны	Обнаруженная группа веществ	Примеры товарных продуктов
1	2	3	4	5	6	7
10	–	+	–	+	Смесь ароматических углеводородов и кетонов	Смесевые растворители нефтяной природы (растворители: Р-1, Р-4, Р-5, Р-189 и др.)
11	–	+	+	–	Смесь ароматических углеводородов и спиртов	Смесевые растворители нефтяной природы (растворители: 647, 649, 648, РКБ-1, АМР-3 (мебельный) и др.)
12	+	–	–	+	Смесь алифатических углеводородов и кетонов	Смесевые растворители
13	+	–	+	–	Смесь алифатических углеводородов и спиртов	Смесевые растворители
14	+	+	–	+	Смесь алифатических, ароматических углеводородов и кетонов	Смесевые растворители (растворители: Р-119, РЛ-176 М и др.)
15	+	–	+	+	Смесь алифатических углеводородов, спиртов и кетонов	Смесевые растворители

На нефтепродукты реагируют трубки «алканы» и «арены», предназначенные для определения алифатических и ароматических углеводородов, поскольку основу нефтепродуктов составляют в основном эти классы соединений.

Большинство растворителей нефтяной природы имеют в своем составе ароматические углеводороды, спирты и кетоны, на которые реагируют соответствующие трубки (арены, спирты, кетоны) в разных комбинациях.

Отличительной особенностью при обнаружении на месте пожара смесевых растворителей не нефтяной природы является то, что трубка «алканы», предназначенная для определения алифатических углеводородов, не дает характерного изменения окраски, от желтого цвета к зеленому. Остальные трубки при этом реагируют в зависимости от состава растворителя. Но могут быть исключения, например, нефтяные сольвенты. Они не дают характерного окрашивания трубки «алканы», являясь при этом растворителями нефтяного ряда, т.к. представляют собой смесь ароматических углеводородов бензольного ряда.

При выгорании нефтепродуктов и растворителей нефтяного ряда комбинация окрасок трубок сохраняется, но уменьшается интенсивность окрашивания. Тем не менее, до определенных пределов чувствительность трубок сохраняется, что позволяет обнаруживать остатки выгоревших ЛВЖ на месте пожара и ориентировочно определять их природу.

При работе с газоанализаторами (ФИД, газоанализаторы с индикаторными трубками), не следует забывать, что при сгорании различных материалов, кроме оксидов углерода и воды, образуются и другие газообразные продукты неполного сгорания: алифатические и ароматические альдегиды, кетоны, эфиры и т.д. Особенно активно они образуются при тлении или пламенном горении в условиях ограниченного воздухообмена. Ясно, что на пожаре газоанализаторы могут реагировать не только на остатки ЛВЖ и ГЖ (средства поджога), но и, при отсутствии таковых, на газообразные продукты пиролиза органических материалов. Поэтому любые поиски остатков ЛВЖ и ГЖ на пожаре с помощью газоанализаторов можно проводить только после полной ликвидации горения (в том числе тления во внутренних конструкциях полов, в завалах пожарного мусора и т.д. Необходимо учитывать также, что несрабатывание газоанализатора на месте пожара не является основанием для категорического исключения наличия инициаторов горения и самого факта поджога.

Следовые количества остатков ЛВЖ и ГЖ могут быть обнаружены в отобранных на месте пожара пробах **твердых** материалов-носителей остатков горючих жидкостей, **более чувствительными** лабораторными методами (газожидкостная хроматография, флуоресцентная спектроскопия).

Газоанализатор с ФИД и многоканальный химический газоанализатор могут применяться на месте пожара индивидуально, но наиболее эффективно их совместное использование. В последнем случае работа проводится по следующим этапам:

- обследование места пожара с помощью газоанализатора с ФИД для выявления зон явного превышения в воздухе концентрации неизвестных паров и газов;
- прокачивание воздуха в выявленных зонах многоканальным газоанализатором для ориентировочного определения компонентного состава веществ и отбора проб газовой фазы на твердый сорбент;
- отбор проб твердых объектов – носителей в выявленных зонах;
- упаковка и отправка проб газовой фазы и твердых объектов–носителей для детального исследования в лабораторию.

Многоканальный химический газоанализатор может применяться и на начальной стадии лабораторных исследований в комплексе с лабораторными методами. Он дает ценную информацию о компонентном составе исследуемого вещества.

Портативные флуориметры

В 2011 году в Исследовательском центре экспертизы пожаров И.В. Клаптюк с соавторами разработана методика обнаружения на месте пожара остатков нефтепродуктов и прочих ЛВЖ (ГЖ), содержащих ароматические углеводороды и другие люминесцирующие компоненты.

Методика заключается в твердофазной экстракции остатков интенсификаторов горения специальным сорбентом и последующем измерении интенсивности люминесценции с поверхности данного сорбента.

В качестве сорбента используются пластины специально подобранного полимерного материала. Для того, чтобы обеспечить возможность измерения интенсивности люминесценции непосредственно на месте пожара, белорусской фирмой ЗАО «СОЛАР» (Спектроскопия, Оптика, Лазеры – Авангардные разработки) по заданию ИЦЭП разработан портативный флуориметр (флуориметрический индикатор нефтепродуктов ИНПФ -01 ЭП). Это единственный прибор такого типа, он достаточно компактный (размером 105x180x60 мм, массой 0.5 кг), работает от встроенных аккумуляторов. Источником возбуждения флуоресценции служит светодиод с максимумом длины волны излучения 270 нм, спектральный интервал регистрации флуоресценции составляет от 300 до 420 нм – в этом интервале регистрируется флуоресценция большинства НП (рис. 14.2).

Методика особо эффективна в случае необходимости обнаружения остатков интенсификаторов горения на влажных после тушения поверхностях конструкций и предметов, в лужицах скопившейся после тушения воды, зимой после расчистки снежного покрова и в других подобных ситуациях. Использование твердофазных сорбентов и портативного флуориметра позволяет осуществлять скрининг места пожара, т.е. быстрое проведение исследований (измерений) во множестве точек с целью выявления места наибольшей концентрации остатков интенсификаторов горения, наиболее подходящего для отбора проб с целью более детальных лабораторных исследований.

Лабораторные методы исследования

Для исследования остатков ЛВЖ и ГЖ, использованных в качестве средств поджога, в лабораторных условиях применяют различные инструментальные методы – молекулярную спектроскопию в инфракрасной и ультрафиолетовой области спектра, хромато-масс-спектрометрию, жидкостную и тонкослойную хроматографии. Но основным, базовым методом исследования во всем мире является **газожидкостная хроматография (ГЖХ)**. А в России, кроме того, в качестве дополнительного метода активно применяют **флуоресцентную спектроскопию (ФС)** [17-19, 28].

Газожидкостная хроматография позволяет определять компонентный состав неизвестного вещества, флуоресцентная спектроскопия – обнаруживать компоненты, содержащие моно- и полиароматические углеводороды. Последний метод обладает чрезвычайно высокой чувствительностью и позволяет обнаруживать следовые количества сильно выгоревших нефтепродуктов и всевозможных растворителей, содержащих ароматические углеводороды.

Газожидкостная хроматография

Газожидкостная хроматография (ГЖХ) является самым распространенным методом анализа сложных смесей, позволяющим определять до 1000 веществ в одной пробе.

С помощью газовой хроматографии можно выполнять качественное определение компонентов смесей любых органических и неорганических газов, жидкостей, твердых тел, перегоняющихся без разложения в области температур от комнатной до 400°C-500°C [31-33].

Хроматограммы многокомпонентных ЛВЖ и ГЖ представляют собой набор пиков, каждый из которых соответствует одному или (иногда) нескольким компонентам смеси. Расшифровка хроматограмм осуществляется путем их сравнения с хроматограммами жидкостей разных типов и марок, а также эталонных смесей соединений, входящих в их состав. Сравнение проводится по временам удерживания пиков путем наложения хроматограмм друг на друга, то есть так называемым «методом отпечатков пальцев».

Уже один вид хроматограммы при обнаружении остатков неизвестной жидкости позволяет оценить, что это за жидкость – индивидуальное вещество (1 пик на хроматограмме), какой-нибудь смеси растворитель, состоящий из нескольких (обычно 4-6) компонентов или многокомпонентная смесь, характерная для продуктов природного происхождения, в частности, нефтепродуктов.

На рис. 14.3 показана хроматограмма одной из разновидностей жидкости для розжига. Видно, что она состоит из 8 основных компонентов – предельных углеводородов от декана (C₁₀) до гептадекана (C₁₇) с преобладанием C₁₀ - C₁₃.

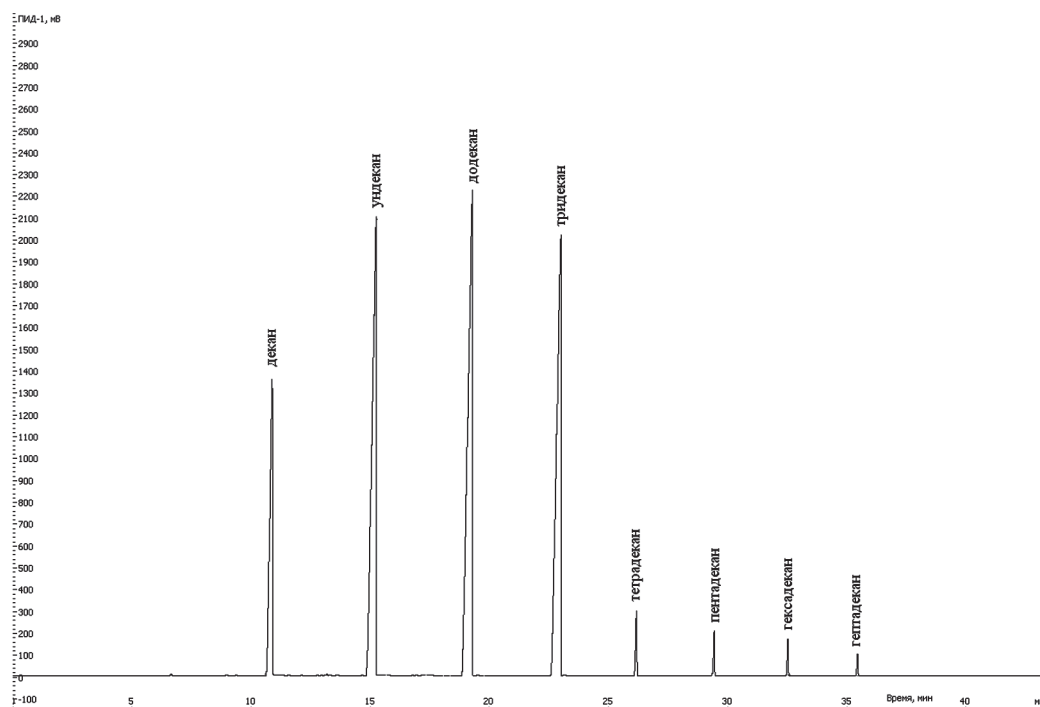


Рис. 14.3. Хроматограмма жидкости для розжига
(ТУ 0225-041-04689375-95 поставщик – ООО «Биотехнология»)

На хроматограмме бензина (рисунок 14.4) уже присутствует целый набор пиков алифатических и ароматических углеводородов, причем характеристичными являются пики, относящиеся к ароматическим углеводородам, а именно к толуолу, его диалкилпроизводным (п-, м-, о-ксилолам), а также к триалкилбензолам (1,2,3 - и 1,2,4 - триметилбензолам).

Хроматограммы среднестиллятных нефтепродуктов представляют собой характерную «гребенку» (см. главу 3 книги 1).

На хроматограмме керосина преобладают пики, относящиеся к нормальным алканам, в цепи которых присутствуют от 8 до 13 атомов углерода.

Для дизельных топлив, кроме углеводородов $C_8 - C_{13}$, характерно присутствие более тяжелых углеводородов с количеством атомов углерода больше C_{17} ($C_{24}-C_{27}$) (рис. 3.3 книги 1). В отличие от «гребенки» пиков на хроматограмме керосинов, на хроматограммах дизельных топлив дополнительно к «гребенке» алканов нормального строения появляются парные пики алканов изо- и нормального строения, начиная с алканов с числом атомов углерода, равным 14 (C_{14}) и до C_{18} . Эта закономерность характерна для нативных, не подвергнутых горению дизельных топлив. Для выгоревших дизельных топлив, как и других нефтепродуктов, характерен сдвиг в сторону более тяжелых, и потому лучше сохраняющихся углеводородов, с большим числом углеродных атомов в цепи.

При анализе бензинов методом ГЖХ в качестве базовых (основных, по которым производится идентификация) пиков обычно используют пики, связанные с группой термически стабильных моно- и триалкилбензолов (п-, м- и о-ксилолов, 1, 3, 5 - и 1, 2, 4-триметилбензолов). В бензине, даже после 90-95% (по массе) выгорания, эти пики сохраняются [34]. Поэтому наличие данных аренов в составе анализируемой пробы является главным критерием для отнесения анализируемого нефтепродукта к классу автомобильных бензинов, а также некоторых растворителей (нефрасы, сольвенты).

Отсутствие в смесях ЛВЖ ароматических углеводородов при определении состава методом ГЖХ позволяет утверждать, что анализируемые смеси не являются бензиновыми фракциями, а скорее всего, принадлежат к среднестиллятным продуктам или смесевым растворителям, не содержащим ароматических углеводородов.

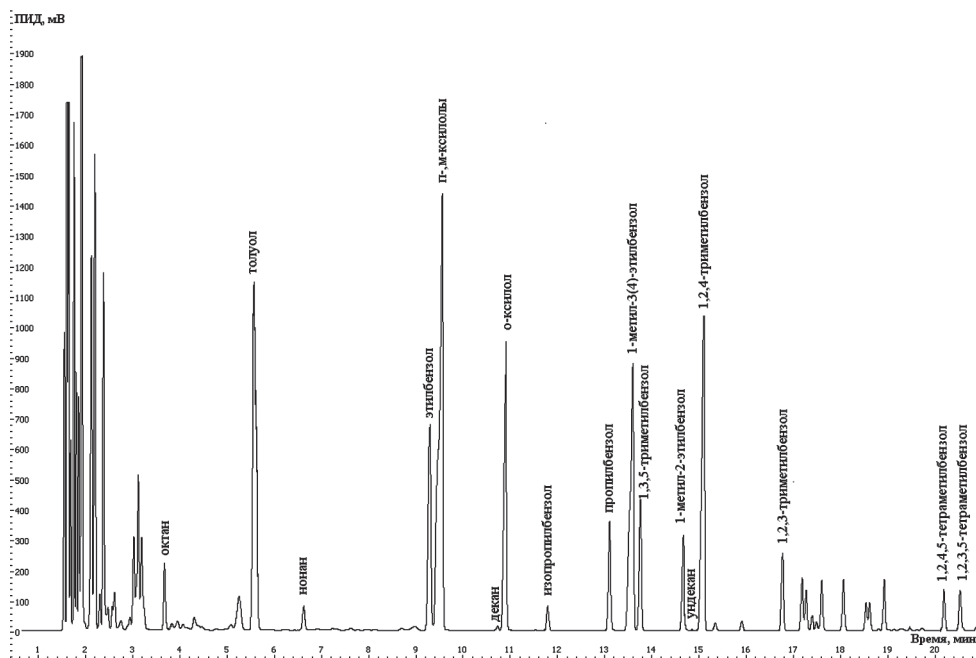


Рис.14.4. Хроматограмма автомобильного бензина марки АИ-98 (Супер, класс 2)

ЛВЖ (ГЖ), полученные на основе фракций средних и тяжелых нефтепродуктов, в которых ароматические углеводороды присутствуют в очень малых количествах, обычно диагностируют по пикам нормальных алканов с числом атомов углерода в молекуле от 8 до 12 в случае керосинов и уайт-спирита и до C_{26} в случае дизельных топлив. Кроме того, характерной чертой дизельных топлив является присутствие в их составах, наряду с алканами нормального строения, изомерных алканов с изо-структурой углеродного скелета и одинаковым общим количеством атомов углерода в них. Такие «парные» пики начинают проявляться на хроматограммах в области выхода углеводородов с числом атомов углерода в цепи, равным 14 (C_{14}). В дизельном топливе, не подвергнутом термическому воздействию, обычно присутствует 7 пар таких «парных» пиков (от C_{14} до C_{20}). И даже при практически полном выгорании дизельных топлив в остатке достаточно четко выявляются «парные» пики, отвечающие углеводородам C_{16} , C_{17} и C_{18} [28,34].

Флуоресцентная спектроскопия

Флуоресцентная спектроскопия (ФС) является одним из наиболее эффективных методов обнаружения и исследования после пожара выгоревших остатков легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, содержащих ароматические углеводороды. Эти углеводороды присутствуют в нефтепродуктах и некоторых смесевых растворителях ненефтяной природы и обладают способностью флуоресцировать под действием ультрафиолетовых лучей. Достоинствами метода ФС являются высокая чувствительность, позволяющая определять вещества с концентрацией 10^{-10} – 10^{-11} г/г раствора; экспрессность (съемка спектров занимает не более 5 мин); простота в использовании.

Спектры флуоресценции снимают на приборах, называемых спектрофлуориметрами. В настоящее время во многие экспертные подразделения ФПС МЧС России поставлены современные спектрофлуориметры «Флюорат-02-Панорама», выпускаемые НПФ «ЛЮМЕКС» и работающие в диапазоне длин волн 210-690 нм. Прибор позволяет снимать спектры пропускания, спектры возбуждения флуоресценции, спектры флуоресценции, а так же двумерные спектры возбуждения флуоресценции и флуоресценции.

Применению данного прибора при экспертизе пожаров и экологической экспертизе посвящены, в частности, работы М.А. Галишева [35].

Методика, применяемая в настоящее время в экспертной практике судебно-экспертных учреждений Федеральной противопожарной службы, разработана в ИЦЭП ФГУ ВНИИПО М.Ю. Принцевой [36].

Способность нефти, отдельных нефтяных фракций и нефтепродуктов люминесцировать известна давно. Этот эффект активно используется, например, при обнаружении нефти и нефтяных пластов в геологии, обнаружении нефтепродуктов (НП) в природных и сточных водах и т.п. При длине волны возбуждающего света 255 нм в области 270-300 нм люминесцируют моноароматические углеводороды (МАУ) – гомологи бензола, главным образом ди- и тризамещенные алкилбензолы. В области 300-330 нм люминесцируют бициклические ароматические углеводороды (БАУ) – дифенил, гомологи нафталина, в том числе моно-, ди-, три- и тетразамещенные и т.д. [15-17]. Длина волны флуоресценции ароматических углеводородов и ее интенсивность увеличиваются с возрастанием числа колец и сопряженных двойных связей [28,37].

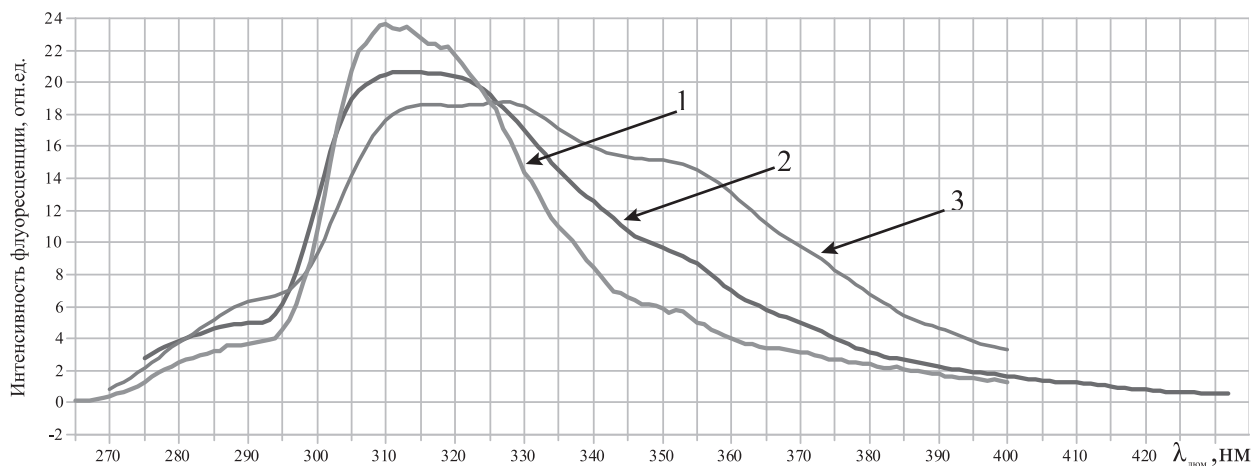
На рисунке 14.5 представлены спектры флуоресценции некоторых светлых нефтепродуктов, обладающих интенсивной люминесценцией – сольвента нефтяного, дизельного топлива летнего (ДТЛ), масла моторного. Видно, что максимум спектра флуоресценции перечисленных выше нефтепродуктов лежит в области БАУ. Это можно объяснить тем, что в состав дизельного топлива, нефтяного сольвента и моторного масла входят в значительном количестве бициклические углеводороды. В спектре моторного масла наблюдается также небольшой пик в области 350-360 нм, отвечающий за флуоресценцию трициклических ароматических углеводородов (ТАУ), которые входят в состав масел [38].

На рисунке 14.6 представлены спектры флуоресценции различных нефтепродуктов и одного из растворителей ненефтяной природы. Растворитель В-646 имеет в своем составе до 50% толуола, что подтверждается наличием одного максимума в области МАУ (270-300 нм). Бензины

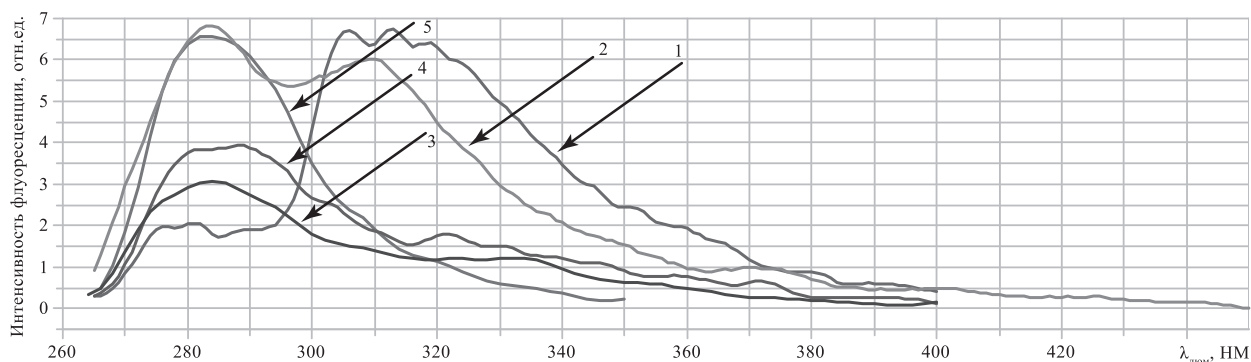
автомобильные в своем составе содержат моноароматические углеводороды и незначительное количество БАУ. На спектре флуоресценции это проявляется наличием двух максимумов в области МАУ (270–300 нм) и БАУ (300–330 нм), причем максимум МАУ интенсивнее (рисунок 14.5 кривая 2).

Присутствие в спектрах автомобильных бензинов максимума в области 300–330 нм может быть следствием наличия в них присадок различного назначения. Известно [39], что многие присадки представляют собой ароматические амины и кислородсодержащие соединения. Ароматические амины имеют флуоресценцию в области 320–340 нм [37].

В спектрах флуоресценции высокооктановых бензинов (АИ-95, АИ-96 и т.д.), помимо вышеуказанных максимумов, могут присутствовать максимумы в области полициклических ароматических углеводородов – 370–390, 390–410, 410–430 нм, которые добавляют для повышения октанового числа.



1 – сольвент нефтяной; 2 – дизельное топливо легкое (ДТл); 3 – масло моторное
Рис.14.5. Спектры флуоресценции нефтепродуктов, обладающих интенсивной люминесценцией ($\lambda_{возб}=255$ нм, $c=3$ мг/л)



1 – дизельное топливо зимнее (ДТз); 2 – бензин А-76; 3 – уайт-спирит;
4 – авиакеросин ТС-1; 5 – растворитель В-646
Рис.14.6. Спектры флуоресценции различных ЛВЖ ($\lambda_{возб} = 255$ нм, $c = 3$ мг/л)

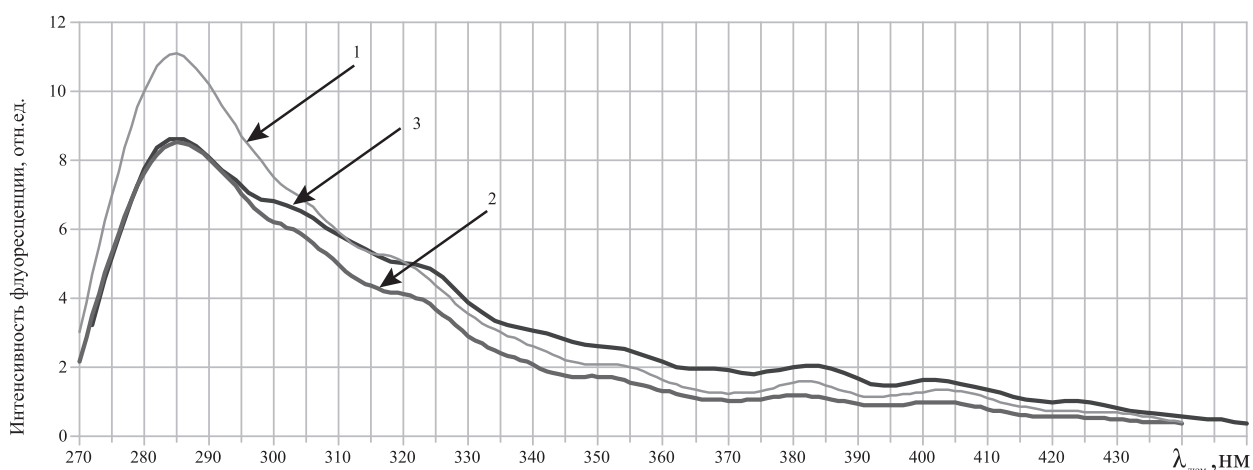
В настоящее время выпускаются бензины марки АИ-92, АИ-95 класса «Евро-4» и АИ-98 «Супер», имеющие ярко выраженные максимумы флуоресценции в области моноароматических углеводородов 270–300 нм и небольшое плечо в области бициклических углеводородов 300–330 нм (рисунок 14.7). При исследовании бензинов класса «Евро-4» методом газожидкостной хроматографии было обнаружено более высокое содержание в них моноароматических углеводородов

по сравнению с бензинами марок А-76, АИ-92 и др. Максимумы же в области полициклических ароматических углеводородов у них практически отсутствуют.

Авиакеросин имеет максимум люминесценции в области МАУ (270-300 нм) и не имеет четко выраженного максимума в области (300-330 нм), отвечающего за присутствие БАУ. Последнее не случайно – авиакеросин в своем составе практически не содержит нафталиновых углеводородов, т.к. они вызывают повышенное отложение нагара на стенках жаровых труб камер сгорания и на распылителях форсунок. Содержание же МАУ составляет порядка 20% [38].

Спектр флуоресценции уайт-спирита и авиакеросина схожи, но в уайт-спирите содержание МАУ не превышает 16% [38]. Об этом говорит и уменьшение интенсивности флуоресценции в области МАУ по сравнению с авиакеросином.

Зимнее дизельное топливо имеет значительно меньшую интенсивность флуоресценции, чем летнее.



1 – бензин марки АИ-92 класса «Евро-4»
2- бензин марки АИ-95 класса «Евро-4»; 3 – бензин АИ-98 «Супер»

Рис.14.7. Спектры флуоресценции автомобильных бензинов марки АИ-92, АИ-95 класса «Евро-4» и АИ-98 «Супер» ($\lambda_{\text{возб}} = 255 \text{ нм}$, $c=3 \text{ мг/л}$)

Спектры нефтепродуктов, полученных из различных нефтей различными производителями могут отличаться от приведенных выше спектров и друг от друга по причине определенных различий в компонентном составе (см. главу 3 книги 1). Однако общие закономерности существуют. Так, из вышесказанного можно сделать вывод, что практически все светлые нефтепродукты в заданных условиях анализа ($\lambda_{\text{возб}} = 255 \text{ нм}$) имеют два интенсивных максимума в области МАУ (275-300 нм) (кроме нефтяного сольвента, дизельных топлив и масел) и максимум в области БАУ (300-340 нм). Максимум в области БАУ отсутствует у смесевых растворителей. Продукты тяжелых фракций нефти (масла, автомобильные смазки, мазут и др.) содержат кроме МАУ и БАУ ароматические углеводороды с числом колец более двух, поэтому в спектрах появляются пики в области (330-380 нм).

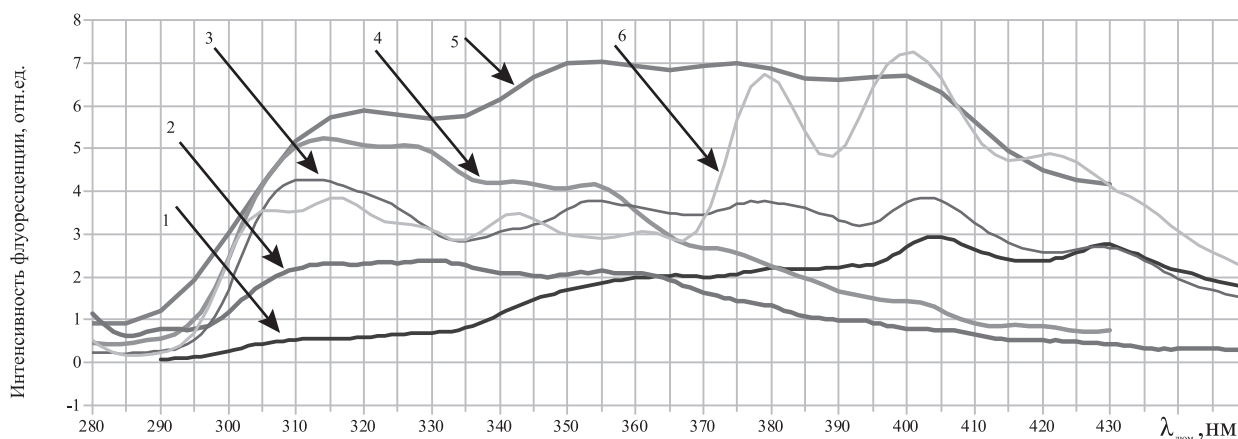
При выгорании нефтепродуктов и содержащих ароматические углеводороды растворителей не нефтяной природы в их спектрах флуоресценции появляются новые максимумы в области полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) (360-430 нм), максимумы в области БАУ (300-330 нм) обычно сохраняются, а максимумы в области МАУ (270-300 нм) постепенно исчезают (рисунок 14.8). Вызвано это тем, что при термическом воздействии происходит испарение и выгорание в первую очередь, наиболее низкокипящих компонентов – МАУ (бензол и его гомологи). Отсутствие максимума в области МАУ говорит об их малом содержании в выгоревших продуктах, соответственно, концентрация БАУ, ТАУ и остальных ПАУ, по отношению к МАУ, увеличивается.

Характер спектра зависит от степени выгорания нефтепродуктов. Чем больше степень выгорания нефтепродуктов, тем интенсивнее увеличиваются максимумы в области (360-420 нм), соответствующие ПАУ с числом колец более двух.

При исследовании экстрактов различных объектов-носителей (линолеум, ковролин, древесина, ткани и т.д.) установлено, что большинство экстрактов (выгоревшие и нативные объекты-носители) имеет невысокую интенсивность флуоресценции

Вид спектров флуоресценции нефтепродуктов и объектов-носителей значительно отличается. Экстракты объектов-носителей имеют широкие единичные максимумы флуоресценции в области 300-400 нм, не смещающиеся при выгорании.

В целом можно констатировать, что флуоресценция экстрактивных компонентов основных встречающихся на пожаре объектов-носителей не препятствует диагностике светлых нефтепродуктов и смесевых растворителей, использованных в целях поджога.



1 – уайт-спирит; 2 – моторное масло; 3 – бензин А-76; 4 – дизельное топливо зимнее (ДТз);
5 – авиакеросин ТС-1; 6 – растворитель В-646

Рис. 14.8. Спектры флуоресценции выгоревших нефтепродуктов и растворителей нефтяной природы

Общим репером при обнаружении светлых нефтепродуктов (нативных и выгоревших) на месте пожара методом флуоресцентной спектроскопии является присутствие в спектре исследуемого раствора максимума в области (300-330 нм), характерного для люминесценции ароматических углеводородов.

В случае, если при анализе более 10 мкл исследуемого экстракта интенсивность флуоресценции составляет менее 2 отн. ед. (при высокой чувствительности) и 0,05 отн. ед. (при низкой чувствительности), такие результаты считают относящимися к фоновым загрязнениям.

О наличии в пробе **нативных нефтепродуктов** свидетельствует присутствие в спектре флуоресценции максимумов в области:

- (270-300 нм), (300-330 нм) – автомобильные бензины, керосины, нефтяные растворители;
- (300-330 нм) – дизельное топливо, нефтяные сольвенты;
- (300-330 нм), (340-370 нм) – тяжелые нефтяные фракции (масла, смазки и т.д.).

О наличии в пробе **выгоревших нефтепродуктов или иных жидкостей, содержащих ароматические углеводороды**, свидетельствует присутствие в спектре флуоресценции максимумов в области (300-330 нм), (340-370 нм), (370-390 нм), (390-410 нм), (410-430 нм).

Присутствие единичного узкого максимума в области (270-300 нм), свидетельствует о наличии в пробе моноароматических углеводородов (толуол, ксилол и т.д.) или содержащих их смесевых растворителей.

Описанные выше лабораторные методы могут применяться для исследования остатков ЛВЖ и ГЖ как отдельно, так и в комплексе. Последнее предпочтительно, т.к. резко увеличивает шансы на расшифровку обнаруженного вещества, повышает достоверность и доказательный уровень заключения эксперта.

ИК-спектроскопия

Молекулярная спектроскопия в инфракрасной области спектра позволяет установить функциональный состав вещества, содержащегося в исследуемой пробе. Определенным структурным группам и связям молекул соответствуют характеристические полосы поглощения в ИК-спектрах. Расшифровка ИК-спектров с помощью таблиц характеристических частот и атласов ИК-спектров даёт возможность обнаружить наличие в веществах кислородсодержащих, азотсодержащих, серосодержащих групп, алифатических и ароматических углеводородных фрагментов т.д. [41-45].

Применению ИК-спектроскопии в экспертизе пожаров посвящено изданное ВНИИПО в 2010 году методическое пособие Е.Д. Андреевой и И.Д. Чешко [46]. Один из разделов этого пособия посвящен исследованию с помощью ИК-спектроскопии остатков ЛВЖ и ГЖ (средств поджога). При этом возможно решение классификационных и идентификационных задач.

Под **классификационной** задачей понимается установление природы (типа, марки) горючей жидкости. При решении этой задачи ИК-спектроскопию (ИКС) можно использовать в качестве самостоятельного метода, но более эффективно и целесообразно – в совокупности с другими методами – флуоресцентной спектроскопией (ФС), высокоэффективной жидкостной и газожидкостной хроматографией (ВЭЖХ и ГЖХ).

Под **идентификационной** задачей понимается установление идентичности (или неидентичности) жидкости, содержащейся в одной пробе, и жидкости, содержащейся в другой пробе.

Классификационные и идентификационные задачи часто возникают в связи с обнаружением следов ЛВЖ и ГЖ на месте пожара и включают в себя анализ химического состава обнаруженных ЛВЖ и ГЖ и сравнение их с конкретными аналогами для установления их идентичности. Например, остатков жидкости в пробе грунта и в канистре, изъятой с места пожара.

Идентификация может проводиться так называемым «методом отпечатков пальцев» – наложением ИК-спектров друг на друга и сравнением по наличию отдельных полос и их интенсивностей. В случае полного совпадения спектров можно констатировать идентичность 2-х жидкостей по спектральным характеристикам.

Достоверность решения идентификационной задачи повышается, если совместно с ИК-спектроскопией используются другие инструментальные методы – ГЖХ, ВЭЖХ, ФС, термический анализ и др. При этом также может не проводиться расшифровка спектров и хроматограмм, а сравнение проводится «методом отпечатки пальцев».

По чувствительности метод ИК-спектроскопии существенно уступает методам ГЖХ и ФС. Поэтому метод ИКС обычно используют, когда жидкость обнаружена, хотя бы в капельных количествах, например, в брошенных на месте пожара емкостях и может быть оттуда слита или хотя бы смыта со стенок небольшим количеством растворителя.

Расшифровка спектров

Таблицы характеристических частот для расшифровки ИК-спектров нефтепродуктов можно найти в специальной литературе [45]. Также имеется справочная литература по растворителям [43, 47].

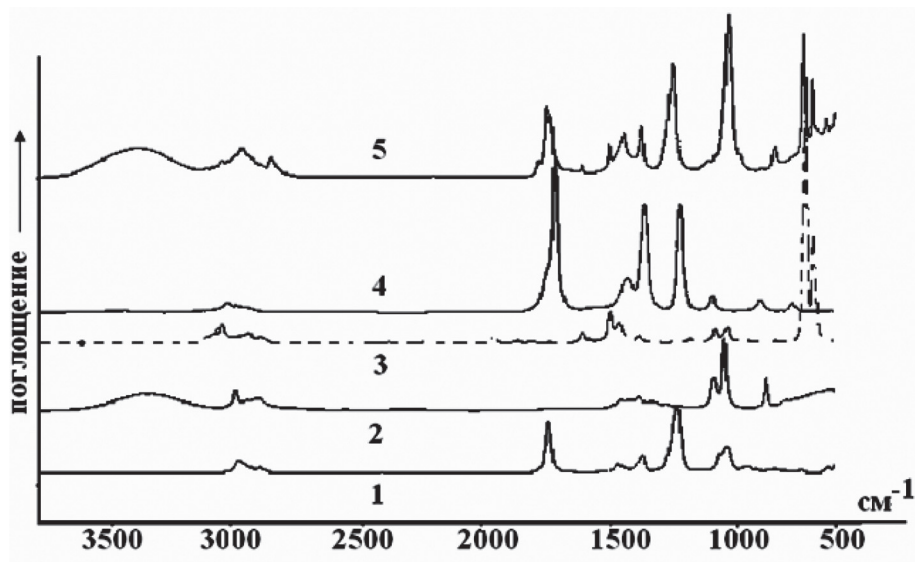
ИК-спектры жидкостей рекомендуется снимать с применением приставки МНПВО (многократного нарушенного полного внутреннего отражения). В случае малого количества вещества можно снимать ИК-спектры раствора этого вещества в каком-либо растворителе, учитывая, что полосы поглощения растворителя могут перекрывать полосы поглощения исследуемого вещества. Поэтому следует выбирать растворитель, имеющий минимальное количество полос поглощения в исследуемом спектральном диапазоне. Рекомендуется, в частности, применять, четыреххлористый углерод, хлороформ, хлористый метилен. Иногда приходится снимать спектры в нескольких растворителях, чтобы выявить полосы поглощения изучаемого вещества.

Кроме характеристичности, другой важной особенностью ИК-спектров является свойство аддитивности, в силу которого спектр смеси нескольких веществ представляет собой наложение спектров, входящих в смесь компонентов. В качестве примера свойства аддитивности ИК-спектров, на рисунке 14.9 представлены ИК-спектры смесового растворителя 646, в состав которого входят бутилацетат, этиловый спирт, толуол, ацетон, а также спектры составляющих его компонентов.

ИК-спектры смесовых растворителей сохраняют индивидуальные особенности примерно до 70-80% степени выгорания. При более высоких степенях выгорания вид спектров может меняться за счёт преимущественного испарения и выгорания более летучих компонентов.

Приведем пример использования ИК-спектроскопии в решении классификационных и идентификационных задач.

На пассажирском теплоходе во время стоянки в порту произошёл пожар. При осмотре места пожара было обнаружено несколько очагов пожара, что, в совокупности с другими имеющимися данными, позволило выдвинуть версию о поджоге. На месте одного из очагов пожара, в кладовой, где хранилось постельное бельё и горение практически не развилось, были изъяты наволочка и несколько салфеток с запахом, похожим на запах какого-то растворителя, а в другом помещении, рядом с очагом пожара, были найдена и изъята бутылка с капельным количеством жидкости в ней.



1-бутилацетат; 2-этиловый спирт; 3- толуол; 4- ацетон; 5- растворитель 646

Рис.14.9. ИК-спектры растворителей не нефтяной природы

На разрешение экспертов были поставлены вопросы:

– имеются ли в представленных объектах (изделиях из тканей и бутылке) остатки ЛВЖ (ГЖ)?

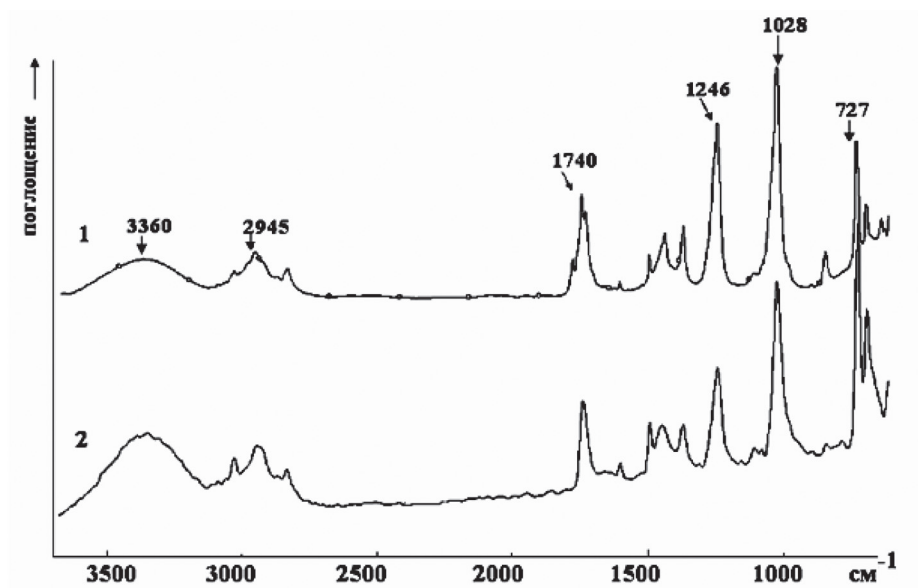
Если имеются, то:

– какие именно?

– идентична ли жидкость, которая находилась в бутылке, жидкости, разлитой на бельё?

ИК-спектры жидкости из бутылки (образец 1) и ткани наволочки с остатком жидкости (образец 2) получили с помощью приставки МНПВО 36.

Для того, чтобы получить спектр разлитой на ткань жидкости, сняли ИК-спектр чистой хлопчатобумажной ткани, затем, используя математические операции со спектрами, произвели вычитание спектра чистой ткани из спектра образца 2 и получили спектр разлитой жидкости (как это сделано в примере 2). ИК-спектры разлитой на бельё жидкости и жидкости, содержащейся в бутылке, представлены на рисунке 14.9.



1 – образец жидкости из бутылки; 2– образец жидкости, разлитой на бельё

Рис.14.10. ИК-спектры исследуемых жидкостей

Сравнение ИК-спектров по наличию полос и их интенсивностей позволило констатировать идентичность этих двух жидкостей по спектральным (ИКС) характеристикам.

ИК-спектр жидкости, изъятая из бутылки, соответствует ИК-спектру растворителя 646 (см. рисунок 14.9).

Для подтверждения идентичности изъятых жидкостей было проведено их исследование методом флуоресцентной спектроскопии. В спектрах флуоресценции гексанового раствора жидкости из бутылки и гексанового экстракта ткани, найденной на месте пожара, наблюдался один интенсивный максимум в области 270-300 нм. Максимум в области 275-300 нм свидетельствуют о наличии в пробах моноароматических углеводородов (бензол и его гомологи) [37], которые содержатся, в частности, в смесевых растворителях [28].

Совокупность всех результатов позволила сделать вывод о наличии остатков в бутылке и на изделиях из ткани растворителя 646, который, как известно [48], является ЛВЖ.

На второй вопрос был дан ответ, что по спектральным (ИКС и ФС) характеристикам жидкости в бутылке и на изделиях из ткани идентичны.

Исследование парогазовой фазы над объектом-носителем

Обычная схема лабораторных исследований объектов-носителей остатков ЛВЖ и ГЖ предусматривает стадию жидкостной экстракции объекта – операцию, заключающуюся в растворении остатков ЛВЖ в определенном растворителе. Растворитель, применяемый для экстракции, должен удовлетворять определенным требованиям – обладать высокой растворяющей способностью по отношению к потенциальному ИГ, селективностью, т.е. эффективно извлекать ЛВЖ и минимально растворять компоненты объекта-носителя и продукты его термической деструкции; кроме того, растворитель должен быть легколетучим, чтобы его можно было при необходимости отогнать без особых потерь для целевых компонентов. Учитывая, что наиболее распространенными интенсификаторами горения являются светлые нефтепродукты, в качестве экстрагента обычно применяют легкие предельные углеводороды – пентан или гексан. После экстракции полученный экстракт исследуют рассмотренными выше методами – ГЖХ, флуоресцентной спектроскопии, ИК-спектроскопии.

Но в ряде случаев эксперты предпочитают, приступая к работе с изъятими с пожара объектами, проводить на первом этапе исследования *анализ парогазовой фазы над образцом*. Проведение дан-

ного предварительного исследования не требует больших затрат времени, а полученные результаты, кроме всего прочего, дают возможность сориентироваться в выборе других методов исследования.

Исследование газовой фазы может применяться и как основной метод анализа, если ЛВЖ (ГЖ) относительно хорошо сохранились в ходе пожара и количество их паров в газовой фазе достаточно для решения классификационной задачи (установление природы, типа, марки горючей жидкости). Ценно и то, что извлечение остатков ЛВЖ и ГЖ с объекта-носителя, путем перевода их в газовую фазу, позволяет исключить негативное влияние растворителя и экстрактивных веществ объекта-носителя. Наиболее эффективен данный метод при наличии на объекте-носителе остатков достаточно легколетучих жидкостей (бензинов, растворителей для лаков и красок и т.д.).

Методы отбора парогазовой фазы над объектом-носителем весьма разнообразны. Их можно разделить на несколько групп в зависимости от аппаратного оформления, режима отбора (статического или динамического), использования (или не использования) сорбентов и специальных охладителей для концентрирования.

Самый простой способ отбора газовой фазы над образцом является отбор газовой фазы без концентрирования, который осуществляется путем помещения объекта-носителя в герметичную тару и нагреванием приблизительно до 100 °С. Проба для анализа отбирается микрошприцем прямо из газовой фазы. Объем пробы составляет 0,1–3 мл. Этот метод целесообразно использовать во избежание потерь легколетучих компонентов при вскрытии вещественных доказательств. Но у этого метода есть свои недостатки. Во-первых, иногда нагрева до 100 °С недостаточно для полного извлечения всех компонентов, входящих в состав инициатора горения (инициаторы горения на основе тяжелых фракций нефти), а во-вторых, концентрация веществ в исследуемой пробе тоже может быть недостаточна. По этому поводу есть разные мнения. Некоторые специалисты утверждают, что даже тяжелые фракции топочного мазута можно обнаружить при нагревании до умеренных температур и, что более важно, более высокие температуры способствуют разложению синтетики, продукты распада которой усложняют хроматографическое исследование. Они могут маскировать низкие концентрации инициаторов горения [49, 50].

Второй метод отбора газовой фазы в статическом режиме основан на поглощающей способности активированного угля, в литературе [2] он встречается как метод «угольной ловушки». Проволоку, покрытую активированным углем, вводят в воздушное пространство контейнера с исследуемым объектом часа на два.

Существует также масса других способов, основанных на использовании различного рода сорбентов. В качестве сорбентов для отбора газовой фазы могут применяться силикагели, молекулярные сита, активированный уголь, пористые полимерные сорбенты и др. В воздушное пространство вводится трубка для забора образцов, или мешочек с сорбентом. Контейнер снова герметично закрывается. Процесс адсорбции длится 12–15 часов при комнатной температуре или 2 часа при температуре 50–60 °С. В качестве сорбентов кроме активированного угля могут использоваться силикагель, графитированная сажа, тенакс.

Практикуется и отбор пробы газовой фазы над объектом с использованием стеклянных трубок с сорбентом (силикагель, тенакс, графитированная сажа) и поршневого вакуумного насоса. В работе может быть использован также ручной насос, применяемый для работы с индикаторными трубками по линейно-колористическому методу. Процесс пробоотбора осуществляется прокачиванием воздуха над объектом-носителем через стеклянную трубку, содержащую сорбент при комнатной температуре. Подобным образом можно отбирать пробы не только в лабораторных условиях, но и прямо на месте пожара.

Отметим, что последний способ отбора применим только в случае анализа ЛВЖ, содержащих в основном легколетучие компоненты и не годится для отбора проб, содержащих тяжелые нефтяные фракции. Их можно зафиксировать только, если отбор производить из замкнутого пространства, при нагреве содержимого контейнера приблизительно до 100 °С.

Еще одним методом отбора газовой фазы является отбор газовой фазы над объектом-носителем в динамическом режиме с концентрированием на сорбенте. В контейнер, снабженный трубкой для

введения теплого газа-носителя (очищенный комнатный воздух или азот), помещают исследуемый объект. Контейнер дополнительно подогревается на плитке. Выделяющиеся пары удаляют при помощи вакуума через фильтр, содержащий сорбент [2].

Технологически проведение исследования газовой фазы над объектом не представляет проблемы в случае его небольших размеров. Все гораздо сложнее в случае необходимости исследования «крупногабаритных» объектов. Нередко изъятые на месте пожара и поступившие на исследование предметы, имеют довольно большие размеры или сложную конфигурацию (сплавившиеся агломераты и т.д.), что делает невозможной экстракцию объекта в целом и затруднительным отбор какой-то конкретной пробы. Организовать же нагрев крупного объекта с целью отбора газовой фазы подручными средствами, сложно и небезопасно. Поэтому в Исследовательском центре экспертизы пожаров была разработана специальная установка (М.Ю. Принцева с соавторами) для экспертного анализа газовой фазы над «крупногабаритными» объектами-носителями.

Основными элементами установки экспертного анализа газовой фазы над объектами-носителями остатков ЛВЖ и ГЖ в ходе проведенной работы являются: сушильный шкаф объемом 100 литров производства BINDER GmbH (Германия) во взрывобезопасном исполнении; система циркуляции газовой фазы, газовый пробоотборник, система пробоотбора и анализа газовой смеси, термохимический газоанализатор. Шкаф имеет блокировки при перегреве и сброс в системе воздухообмена. Габариты камеры позволяют исследовать объекты размерами до 600x435x435 мм. Газовый пробоотборник (аспиратор) предназначен для отбора проб воздуха и (или) газа с регулируемым расходом.

Система пробоотбора газовой фазы над объектами-носителями остатков ЛВЖ и ГЖ состоит из трубок с сорбентом («тенакс», силикагель).

Для химического анализа газовой смеси используются 4 индикаторные трубки для определения алифатических углеводов, ароматических углеводов, кетонов, спиртов.

Общая схема установки представлена на рисунке 14.11.

Поступивший на исследование объект помещают в десорбционную камеру – сушильный шкаф (1) нагретый до заданной температуры и выдерживают при данной температуре определенное время. Вентилятор на задней стенке обеспечивает постоянную циркуляцию газовой фазы в рабочем объеме камеры. Для сброса давления в случае возникновения взрывоопасных концентраций газов и взрыва предусмотрен предохранительный клапан (2) из алюминиевой фольги. Контроль газовой фазы с целью недопущения образования взрывоопасных концентраций в объеме сушильного шкафа осуществляется термохимическим газоанализатором (12).

При отборе газовой фазы заслонку (4) открывают, заслонку на продувку (5) и на сброс в атмосферу (3) закрывают. Открывают вентиль (7). Газовая фаза поступает в рабочую емкость (6), куда подсоединены индикаторные трубки и трубки с сорбентом (тенакс, силикагель) (10). Включают газовый пробоотборник (11), который просасывает газовую фазу через указанные трубки со скоростью 1 л/мин. По изменению цвета индикаторных трубок проводится предварительная классификация паров неизвестной жидкости. Содержимое трубок с сорбентом экстрагируют гексаном в целях дальнейшего исследования методами газожидкостной хроматографии и флуоресцентной спектроскопии. Прокачка осуществляется по замкнутому циклу – газовая фаза после проведения пробоотбора поступает обратно в установку. Окончательным этапом работы установки после проведения исследования является продувка установки и сброс газовой фазы в атмосферу.

Тестирование установки показало, что порог обнаружения следов бензинов путем анализа газовой фазы над объектом-носителем (ковролин), составляет около **0,05 мл**. Он примерно одинаков для всех примененных аналитических методов – ГЖХ, флуоресцентной спектроскопии, а также при определении непосредственно на установке с помощью индикаторных трубок.

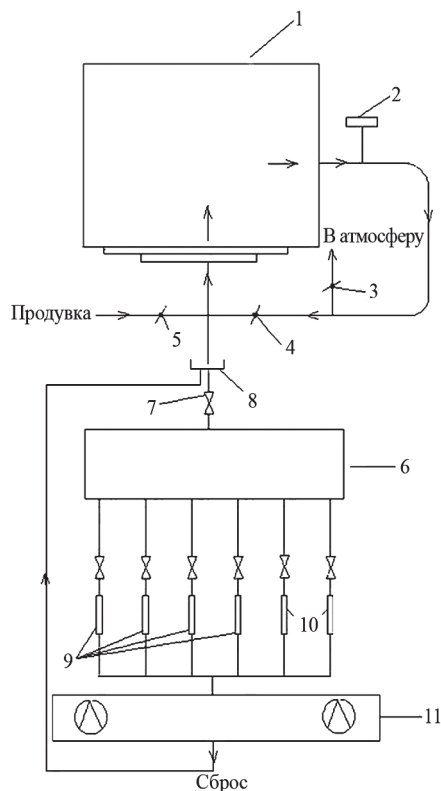
Если исходить из предположения, что в паровую фазу при нагревании объекта-носителя переходит весь нанесенный на него бензин (0,05 мл), то расчетная концентрация его в паровой фазе с учетом объема экспериментальной установки составляет $7,53 \cdot 10^{-3}$ об.%. Судя, однако, по результатам анализа методом флуоресцентной спектроскопии, в паровую фазу переходят не все компоненты

бензина. Наиболее тяжелые (полиядерные ароматические углеводороды), как и следовало ожидать, остаются в сорбированном состоянии на объекте-носителе. Это обстоятельство необходимо учитывать при использовании результатов анализа газовой фазы для решения классификационных задач. Кроме того, сильно выгоревшие остатки могут не обнаруживаться при исследовании паровой фазы. Поэтому метод анализа парогазовой фазы и, в частности, описанная выше установка, должны позиционироваться как инструмент **предварительного исследования** вещественных доказательств, в первую очередь крупногабаритных, не отменяющий дальнейшее углубленное исследование по известным аналитическим схемам [28].

Кроме бензина, разработанная установка была протестирована на более тяжелом светлом нефтепродукте – летнем дизельном топливе, а также одним из смесевых растворителей – № 646. В результате тестирования оказалось, что порог обнаружения методами химического анализа, ГЖХ и флуоресцентной спектроскопии составляет, также как и для бензина, около 0,05 мл, что очень неплохо. В газовую фазу в первую очередь переходят легкие компоненты, а тяжелые компоненты остаются на объекте-носителе.

Апробация установки при экспертном исследовании реальных пожаров подтвердила ее эффективность и целесообразность применения.

На исследование поступил объект, изъятый с места пожара, произошедшего в конце ноября 2010 года в автомобиле Nissan Teana. На месте пожара (под автомобилем) была обнаружена сильно обгоревшая и оплавившаяся пластиковая бутылка емкостью около 1,5–2 литров (рисунок 14.12). От бутылки исходил слабый запах, похожий на запах нефтепродукта.



- 1 – сушильный шкаф (десорбционная камера); 2 – предохранительный клапан;
 3 – заслонка для сброса газовой фазы в атмосферу; 4 – заслонка, 5 – заслонка для продувки;
 6 – рабочая емкость, 7 – вентиль для отбора газовой фазы; 8 – заглушка;
 9 – индикаторные трубки, 10 – трубки с сорбентом; 11 – газовый пробоотборник;
 12 – термохимический газоанализатор

Рис. 14.11. Схема установки экспертного анализа газовой фазы над объектами-носителями остатков ЛВЖ и ГЖ



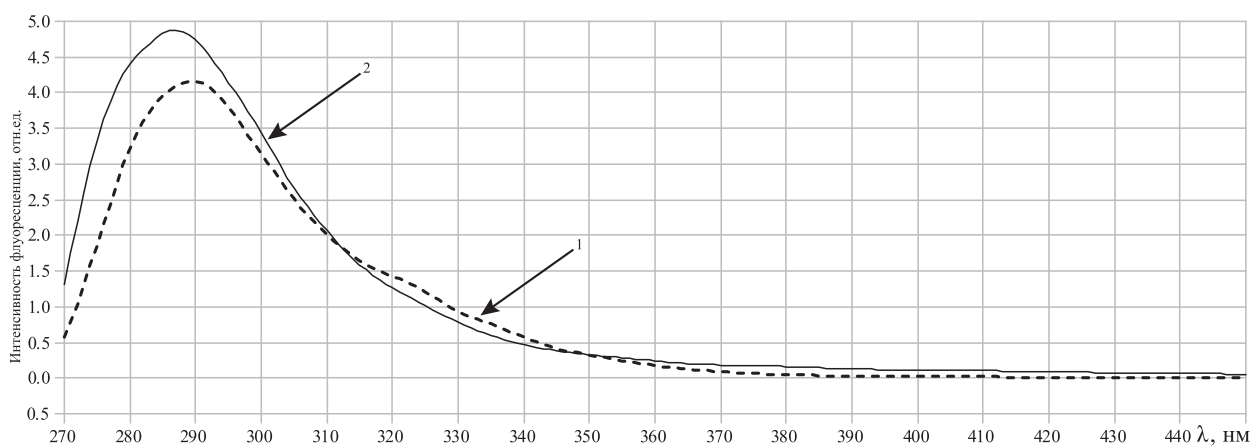
Рис.14.12. Объект (обгоревшая пластиковая емкость), поступивший на исследование

Анализ парогазовой фазы над поступившим на исследование объектом проводили на описанной выше установке при температуре нагрева 50°C в течение 40 мин.

Окраска индикаторных трубок произошла уже через 10 мин после начала анализа. Окрасились две индикаторные трубки: трубка «алканы» – в зеленый цвет, трубка «арены» – в коричневый цвет, трубки «спирты» и «кетоны» окраску не изменили.

Такая комбинация окрашивания трубок характерна для нефтепродуктов, поскольку нефтепродукты представляют собой в основном смеси алифатических и ароматических углеводородов [28].

Спектр флуоресценции гексанового экстракта сорбента после поглощения летучих компонентов исследуемого объекта, приведен на рисунке 14.13, кривая 1.



1 – исследуемый объект; 2 –автомобильный бензин АИ-92

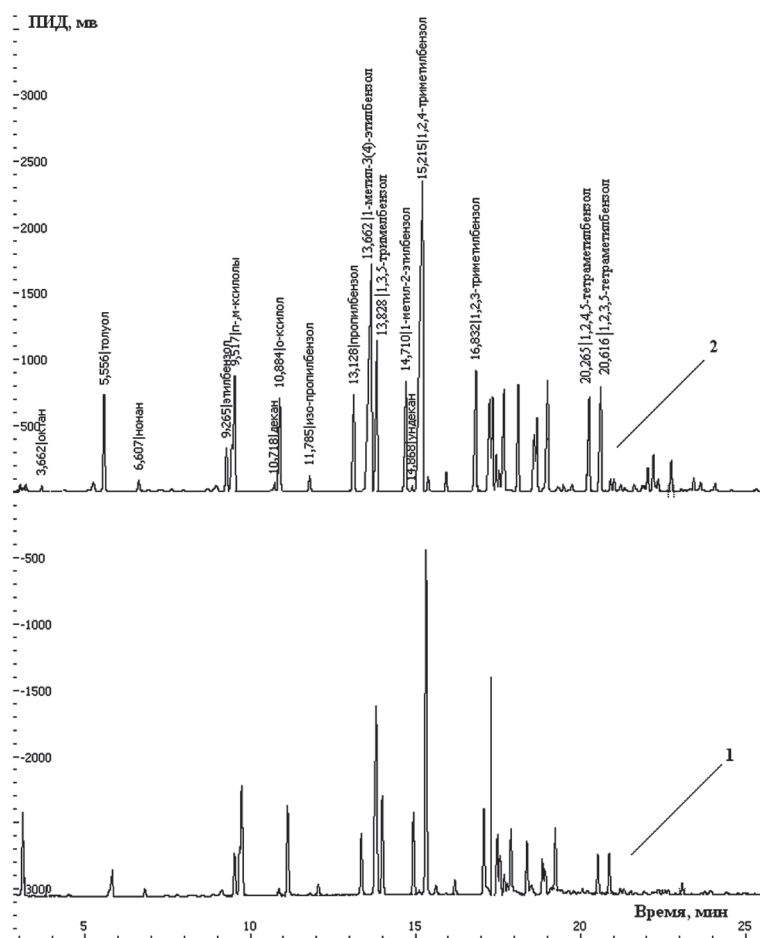
Рис.14.13. Спектры флуоресценции гексановых экстрактов летучих компонентов исследуемого объекта, отобранных на сорбент и автомобильного бензина АИ-92 (объект сравнения)

Как видно в спектре флуоресценции присутствует один максимум в области моноароматических углеводородов (270-300 нм). Данные углеводороды содержатся в смесевых растворителях, а также различных нефтепродуктах (бензины, керосины). Из сравнения спектров флуоресценции гексановых экстрактов летучих компонентов исследуемого объекта и автомобильного бензина АИ-92 (рисунок 14.13, кривая 2) видно, что по положению максимумов флуоресценции спектры гексановых экстрактов летучих компонентов исследуемого объекта и автомобильного бензина практически идентичны.

Хроматограмма гексанового экстракта летучих компонентов исследуемого объекта представляет собой совокупность множества пиков, что характерно для продуктов нефтяного

происхождения [28]. Идентифицируемые пики находятся в области времен удерживания от 5 до 25 минут, что характерно для легкокипящих углеводородов. Основные пики принадлежат моноароматическим углеводородам (толуол, *n*-, *m*-, *o*-ксилолы, 1, 3, 5-, 1, 2, 4-триметилбензолы и др.) (рисунок 14.14, кривая 1). Данные пики являются характеристическими при идентификации бензинов [28]. При сравнении хроматограммы гексанового экстракта летучих компонентов исследуемого объекта и хроматограммы арбитражной пробой сильно выгоревшего автомобильного бензина АИ-98 (рисунок 14.14, кривая 2) видно, что по положению пиков хроматограммы практически идентичны.

По результатам исследования было констатировано присутствие в объекте, представленном на исследование остаточных количеств высокооктанового автомобильного бензина.



1 – исследуемый объект; 2 – автомобильный бензин АИ–98 (степень выгорания 99 масс.%)

Рис.14.14. Хроматограммы гексанового экстракта летучих компонентов исследуемого объекта и сильно выгоревшего автомобильного бензина АИ–98 (объект сравнения)

Аналогичным образом исследовался объект с пожара, который произошел в начале ноября 2010 года в Санкт-Петербурге. На месте пожара (переднем пассажирском сидении автомобиля ВАЗ 2110) была обнаружена сильно обгоревшая и оплавленная пластиковая канистра емкостью около 5 литров.

Необходимо отметить, что от момента пожара до исследования прошло достаточно длительное время (более недели), объект по причине больших габаритов не имел герметичной упаковки хранился вне холодильника. Тем не менее, как и в предыдущем случае, были обнаружены остатки автомобильного бензина, по компонентному составу близкому к АИ–92.

14.8. Зажигательные составы

- Составы на основе металлических калия, натрия, магния, белого фосфора
- Составы на основе солей-сильных окислителей
- Составы на основе пероксидов
- Составы на основе сильных минеральных кислот-окислителей
- Компоненты зажигательных составов, выполняющие функции топлива

Кроме ЛВЖ и ГЖ, для поджогов могут быть использованы различные вещества и смеси веществ, называемые зажигательными составами (ЗС). Иногда их называют специальными составами (спецсоставами) или нетрадиционными инициаторами горения, понимая под «традиционными» более простые и доступные – ЛВЖ и ГЖ.

Выше, в разделе «Химическое самовозгорание», уже отмечалось, что существуют вещества, способные к экзотермическому взаимодействию с кислородом воздуха, водой, а также друг с другом. В последнем случае обычно взаимодействуют сильный окислитель и легкоокисляемое вещество. На основе таких веществ или смесей веществ и могут быть приготовлены составы, которые использует поджигатель. Иногда для увеличения эффективности реакции в них добавляются инициаторы, катализаторы и тому подобные вещества.

Для того, чтобы смеси не прореагировали раньше времени, придумывают различные способы. Есть способы, заключающиеся в том, что физический барьер, разделяющий реагенты, убирается или химический раствор, сдерживающий осуществление реакции, испаряется. Иногда зажигательную смесь составляют так, что она срабатывает при изменении количества смеси или температуры окружающей среды (реагентов). Остатки, обнаруживаемые на месте пожара, зависят от химического состава смесей и степени завершенности реакции [2].

Рассмотрим наиболее известные из зажигательных составов, попытавшись, насколько это возможно, их систематизировать. Мы по понятным причинам не будем приводить конкретные рецептуры и технологию приготовления, остановимся только на основном компонентном составе и других данных, необходимых для обнаружения подобных веществ на месте пожара и в объектах-носителях, изъятых с места пожара.

Составы на основе металлических калия, натрия, магния, белого фосфора

Способность щелочных, некоторых щелочноземельных металлов и белого фосфора загораться при контакте с водой и влажным воздухом достаточно широко известна. Поэтому иногда на их основе изготавливают смеси и технические устройства, предназначенные для поджога. От подобного устройства требуется, по сути дела, одно – обеспечить в час «Х» контакт реактива с воздухом. Например, путем вскрытия тары, в которой они находятся.

В литературе описывается ряд конкретных ситуаций, связанных с применением подобных веществ для поджогов.

В [20] описывается возможность использования щелочных металлов в зажигательных устройствах для применения в складах и тому подобных помещениях, где поджигатель имеет достаточно времени для установки такого устройства, оставаясь при этом незамеченным. Некоторое количество калия или другого щелочного металла помещается под отверстием в крыше непосредственно перед дождем или незадолго до дождя. Обычно металл помещают сверху легко воспламеняющихся материалов, таких, как картонные ящики, тряпки и т.д.

Процент влажности играет основную роль при зажигании, хотя температура окружающей среды также очень важна. При достижении температуры примерно 20⁰С возможно зажигание калия и этот плохо управляемый фактор делает данный способ зажигания опасным для поджигателя.

Указывается, что остатки прореагировавших щелочных металлов (их гидроокиси) выглядят, как молоко. *«Если после обследования места пожара у Вас нет никакого логического объяснения причины зажигания, а пожар произошел при высокой влажности, не забывайте об этом способе зажигания»* [20].

Нужно сказать, что такой способ поджога представляет значительные трудности, как для поджигателя, так и для эксперта. К счастью, щелочные металлы в России мало доступны для широких слоев населения, и обращаться с ними случайному человеку достаточно сложно. В то же время, обнаружить остатки прореагировавших металлов, т.е. щелочей КОН, NaOH, после водяного тушения также проблема – они прекрасно растворяются в воде и вымываются.

Использование фосфора

За рубежом белый фосфор имеется в свободной продаже в обычных хозяйственных магазинах, т.к. используется в качестве крысиного яда, а также для других целей.

Смесь на основе белого фосфора приготавливают по особой технологии, описывать которую не будем. Как быстро прореагирует смесь, зависит от ряда факторов, в том числе, от температуры окружающей среды. В [20] указывается, что испытания, проведенные автором, показывают, что при 80 градусах Фаренгейта (27°C) зажигание происходит примерно через полторы минуты.

Описываются случаи, когда смесь вместе с обычными горючими жидкостями помещали над вентиляционной решеткой воздуховода системы принудительного воздушного обогрева (кондиционера). Установка термостата в положение «down» (перевод кондиционера в режим охлаждения) позволяет смеси химических веществ попасть внутрь системы воздуховода. После этого термостат снова ставится в положение «up» (перевод в режим нагревания, а также включение потока воздуха). В результате испарения происходит воспламенение белого фосфора, который в свою очередь зажигает заранее разлитые горючие жидкости.

Горение не будет очень интенсивным, но огонь не потухнет, и будет выделяться плотный, белый, раздражающий органы дыхания дым.

Еще одна специфическая особенность, проявляющаяся при применении данного способа, заключается в возможности повторного воспламенения при тушении водой. Повторное воспламенение происходит после испарения воды и это важный признак применения фосфора для поджога.

При осмотре места пожара на месте, где была вылита смесь, может быть обнаружена ортофосфорная кислота – продукт реакции. Отмечается, что смесь может прожечь алюминиевый воздуховод и тому подобные объекты. Остатки иногда могут выглядеть как бело-красная паста. При повторном зажигании после испарения воды наблюдается выделение белого дыма [20].

Еще одно интересное наблюдение сделано в [20] по результатам испытания подобной смеси – каждый раз, как металлическим предметом ударили о дерево, появлялись искры, подобные искрам от кремня зажигалки.

Очевидно, что сразу же после тушения пожара, если пожарные докладывают о наличии странного дыма, запаха, об искрах при ударе и прочих описанных выше признаках, необходимо немедленно определить местонахождение упомянутых остатков и принять меры к отбору проб на исследование.

Необходимо отметить, что описанная выше фосфорная зажигательная смесь не менее опасна, чем описанные выше щелочные металлы. Поджигатель, не имеющий профессионального опыта обращения с белым фосфором, может получить серьезные химические ожоги. Это же обстоятельство должны учитывать специалисты, изымающие вещественные доказательства на месте пожара. Пробы надо отбирать в перчатках, и крайне осторожно.

К счастью, от массовых поджогов такого рода спасает малая доступность подобных веществ и достаточно сложная для рядового поджигателя техника работы с ними.

При поджогах фосфор иногда используют в легко летучих растворах, называемых «огонь фениев». Когда его разливают где-нибудь, растворитель быстро испаряется и фосфор загорается [2].

Возможности обнаружения

Наличие прореагировавших остатков щелочных металлов определяется очень просто – по щелочной реакции воды или влажной поверхности объекта-носителя ($\text{pH} > 7$). Для определения pH могут использоваться реактивные бумаги или pH-метры. Другое дело, что, как отмечалось выше, очень велика вероятность, что щелочь вымоется водой при тушении.

Специальных исследований возможности обнаружения фосфорных составов на различных объектах носителях после пожара, видимо, не проводилось. Можно предположить, что следы применения такой смеси могут быть обнаружены, в частности, по наличию повышенного содержания фосфора в очаговой зоне. Для этого необходимо проведения элементного анализа. Обязательно необходим отбор и исследование пробы сравнения, т.к. незначительные содержания фосфора имеются в очень многих материалах.

Возможно проведение анализа на фосфат-ион – $(\text{PO}_4)^{3-}$ – качественного с помощью индикаторных бумаг и специальных растворов и качественного (количественного) методами ионной хроматографии, капиллярного электрофореза.

Составы на основе солей – сильных окислителей

Наиболее многочисленную группу окислителей, входящих в рецептуры ЗС и используемых в основном в пиротехнике, образуют *неорганические кислородсодержащие соли* (нитраты, перманганаты, хлораты, перхлораты, сульфаты, хроматы и бихроматы и т.п.). Для составления поджигающих смесей эти соединения наиболее удобны. Они относительно нетоксичны, химически устойчивы в широком интервале температур и с легкостью отдают активный кислород. Наиболее часто используются соли аммония, калия, натрия, бария и стронция.

Хлораты и перхлораты

Все соединения, содержащие хлораты или перхлораты, являются сильными окислителями. В комбинации с любыми веществами, способными легко окисляться, они могут приводить к возникновению горения (см. выше, главу «Самовозгорание» книги 1). Среди поджигателей на Западе популярна так называемая «конфетка» – белая масса, похожая на конфетную, которую варят из гранулированного сахара и хлората калия. Зажигается она при действии зажигательных устройств с задержкой срабатывания или концентрированной серной кислоты. Применяют и просто смеси хлората калия с сахарным песком определенного соотношения. Готовые смеси высыпают в картонную коробочку или иную легкогорючую тару.

Таблетки, которые используются для дезинфекции плавательных бассейнов, или порошковый состав, используемый для тех же целей, могут загораться, если их смешивают с жидкостями, на основе гликоля, такими как тормозная жидкость или жидкость для волос [2, 20]. У смесей такого рода, приготовленных по особой технологии, через несколько минут происходит самовозгорание, причем развивается пламя относительно высокой температуры. Остаток после реакции представляет собой белое кашицеобразное вещество с сильным запахом хлора [20].

Дж. ДеХаан указывает, что в США хлорат натрия, используемый в качестве окислителя в самодельных взрывных и зажигательных устройствах, поджигатели часто берут из набора сварщика – любителя или приобретают в магазинах, продающих удобрения и гербициды [2].

Хлораты и перхлораты широко применяют и в пиротехнических смесях.

Из смеси легко окисляемых металлов, (порошковый алюминий или магний) с сильным окислителем, таким как перхлорат калия, изготавливают так называемые «**порошки-вспышки**». Они дают интенсивное пламя при почти мгновенном сгорании. Для зажигания этих смесей достаточно минимума энергии в виде искры или теплоты трения, а температура при горении может достигать 3000°C . В состав некоторых порошков входят смесь серы и хлората калия. Способность этой смеси к самовозгоранию хорошо известна с конца XIX века. В большинстве западных стран и России эту смесь не применяют для изготовления фейерверков. Но иногда ее можно найти в изделиях китайского производства [51, 52].

Известны случаи, когда поджоги совершали с помощью бутылки с бензином и серной кислотой, которую обматывали тканью, пропитанной насыщенными растворами сахара и хлората калия и предварительно высушенной. При бросании и разрушении бутылки происходит реакция, приводящая к загоранию бензина [2, 53].

Возможности обнаружения.

Методами элементного анализа обнаружить хлораты, перхлораты и их остатки довольно затруднительно. Действительно, обнаружение повышенного (по сравнению с фоновым) содержания хлора обычно мало информативно.

Непрореагировавшие остатки могут быть обнаружены с помощью реактивных индикаторных средств или ионной хроматографии (см. ниже, раздел 14.9).

Нитраты

Неорганические нитраты (соли азотной кислоты, так называемые селитры) или нитратные эфиры органических веществ (вроде нитрованной целлюлозы) достаточно часто используются в составах, применяемых для поджогов и взрывов.

Смесь нитрата калия, натрия, бария с порошковым алюминием или магнием, может быть использована в качестве поджигающего состава, аналогичного по свойствам приведенной выше смеси этих металлов с хлоратами.

Практически все азотсодержащие соединения в какой-то мере нестабильны, а нитраты еще более нестабильны. Некоторые неорганические нитраты, такие, как нитрат натрия, используются в качестве заменителей более дорогих взрывчатых веществ в динамите и в других ВВ.

Необходимо отметить, что нестабильность и взрывоопасные свойства нитратов проявляются в их смеси с органическими веществами, в частности, с нефтепродуктами. Известно, например, что смесь нитрата аммиака и дизельного топлива используется в качестве взрывчатого вещества. ДеХаан отмечает, что в течение многих лет удобрение «нитрат аммиака» считалось настолько стабильным, что использовался динамит для того, чтобы разбить слежавшиеся массы удобрения в сырых складах. Однако удобрение детонировало при взрыве небольшого заряда динамита, когда оно было загрязнено нефтью. Это случилось в Галифаксе, Новая Шотландия в 1890 годах и Техас-сити, штат Техас, в 1947 году [2].

Возможности обнаружения

Повышенное содержание нитрат-ионов в водной среде обнаруживается довольно легко. По причине того, что контроль за содержанием нитратов в продуктах питания, водной среде широко налажен во многих странах, в том числе в России, существует большой выбор необходимых для этого технических средств. Это индикаторные бумаги и другие реактивные средства, так называемые нитратомеры (иономеры со специальным ионоселективным электродом). Нитрат-ионы обнаруживаются также методами ионной хроматографии, капиллярного электрофореза. По каждому из этих методов есть специальные методики обнаружения нитрат-ионов.

Перманганаты

Перманганаты калия и натрия являются наиболее известными и доступными для поджигателя сильными окислителями. Перманганат калия (так называемая марганцовка) продается в любой аптеке.

Известны самые различные рецептуры на основе перманганатов, которые использовались для поджогов. Так, например, при смешении перманганата калия с сахарным песком и водой в определенной пропорции и последовательности открытое пламя возникает в пределах минуты [54].

Активно реагирует перманганат калия с одноатомными и двухатомными спиртами. Так, например, кучка порошкообразного перманганата калия с несколькими каплями спирта или глицерина реагирует с образованием открытого пламени в течение нескольких минут. Особо популярны составы, в которых перманганат смешивается не с чистым спиртом или глицерином, а со спирто- и глицеринсодержащими косметическими средствами или средствами бытовой химии [53].

В специальной литературе отмечается, что перманганаты применяют для зажигания различных объектов, но чаще всего он используется в качестве устройства замедленного действия для зажигания различных объектов, предварительно намоченных легко воспламеняющейся жидкостью, а также как источник зажигания одежды (тканей) в магазинах и на складах [20].

Описывают устройство, состоящее из конверта (обычно 3.5 дюйма на 6.5 дюйма), в один уголок которого помещают марганцовокислый калий, в другой – любое косметическое средство для рук или волос, содержащее глицерин. После определенных манипуляций с конвертом, на которых мы останавливаться не будем, его помещают под вешалку с одеждой или в какие-нибудь другие горючие (мебель, коробки и так далее). Смесь сначала начинает дымить. Затем очень быстро появляется открытое пламя [20].

Возможности обнаружения

Очевидно, что при поисках подобных составов на месте пожара необходимо ориентироваться не на поиски «горючего» (сахара, глицерина и т.д.), а на поиски остатков перманганатов, в частности, иона марганца.

Визуально остатки перманганатов представляют собой кристаллы и налеты на поверхности негорючих материалов типа керамической плитки, бетона, имеющие цвет от пурпурного до черного.

Непрореагировавшие перманганаты калия, натрия, как известно, прекрасно растворяются в воде и если они не полностью смыты при тушении, то легко обнаруживаются по характерному красному цвету. Прореагировавшие остатки (оксид марганца MnO_2) в воде не растворим и может сохраниться в виде указанного выше черного налета.

Подобный налет можно соскоблить ножом, скальпелем или снять наждачной бумагой. Далее отобранная проба (или наждачная бумага, на которой находится снятое вещество) анализируются на содержание марганца. Это может быть сделано методом рентгенофлуоресцентного анализа или эмиссионного спектрального анализа (см. раздел 14.9).

Составы на основе пероксидов

Многие пероксиды (органические и неорганические перекиси) являются сильными окислителями.

Известны случаи поджогов, когда пероксид натрия (твердые белые гранулы со слегка желтоватым оттенком), взаимодействуя со льдом, вызывал загорание бумаги, стружки, некоторых других горючих материалов.

Взрыв и воспламенение происходили при взаимодействии пероксида натрия с ледяной уксусной кислотой [54, 55].

Используют для поджогов и специально приготовленную смесь алюминиевого порошка или алюминиевых опилок со свежим пероксидом натрия. Распространенный способ поджога состоит в том, что эту смесь (обычно в бумажном конверте) помещают во влажное место и принимают какие-нибудь меры, чтобы смесь и влага вступили в контакт друг с другом. Второй способ заключается в том, чтобы рассыпать смесь в тех местах, где она впоследствии вступит в контакт с влагой, например, в тех местах, где протекает крыша [20].

Возможности обнаружения.

Обнаружить остатки пероксидов после пожара довольно затруднительно. В случае применения последней рецептуры более реально обнаружение остатков непрореагировавшего алюминиевого порошка или продукта реакции порошкообразного оксида алюминия.

Составы на основе сильных минеральных кислот-окислителей

Минеральными кислотами, которые проявляют свойства сильных окислителей, являются концентрированная (более 95% масс.) серная кислота и концентрированная азотная кислота. При их контакте с органическими веществами последние темнеют, обугливаются, может произойти и загорание. Химическое самовозгорание подобного типа рассмотрено в книге 1.

Могут применяться указанные кислоты и в целях поджога – обычно в сочетании с легкоокисляемыми веществами.

В литературе описывается способ поджога, при котором некоторое количество серной кислоты наливают в какую-нибудь стеклянную емкость и закупоривают клейкой лентой. Емкость с кислотой кладут в ящик на бок, и кислота проникает через ленту (обычно на это требуется от 60 до

120 минут). Вместо ленты могут применить резиновую или пластиковую перчатку. После взаимодействия кислоты с органическим веществом и его сгорания остается некоторое количество черного обугленного материала с запахом карамели или жженого сахара. Если на полу имеется остаток кислоты, бумага при контакте с кислотой может стать коричневой или черной [20].

Нужно отметить, что процесс загорания (если он вообще произойдет) в данном случае, скорее всего, пойдет через стадию тления как стадию накопления тепла перед пламенным горением. Поэтому в очаговой зоне кроме остатков кислоты могут сохраниться признаки зоны тления (локальное обугливание и др.).

Концентрированная серная кислота и концентрированная азотная кислота могут использоваться в составе различных запальных устройств и составов, в том числе простейших.

Известны составы, приготовляемые из спичечных головок, которые отламываются или соскребаются ножом и, закладываются в подходящий контейнер, заворачиваются в бумагу или ткань. Вторым компонентом, необходимым для зажигания, является концентрированная серная или азотная кислота, которая выливается сразу или с задержкой по времени [20].

В составе «скипидар – концентрированная азотная кислота» зажигаемыми материалами служат бумага, смеси типа напалма, легковоспламеняемые жидкости в открытых контейнерах или предварительно разлитые на полу. При реагировании смеси почти мгновенно появляется пламя. Поэтому при необходимости задержки воспламенения контейнеры с этими веществами располагают таким образом, чтобы можно было один опрокинуть на другой [20].

Известны поджигающие составы, загорание которых происходит при контакте бензина с концентрированной серной кислотой. Это могут быть как бинарные составы, так и многокомпонентные смеси. В последнем случае в ходе химических превращений образуется сильный окислитель, например высшие оксиды хлора, марганца, хрома и др., также способные к зажиганию легко горючих материалов. По такому механизму работают упомянутые выше поджигающие устройства, содержащие смесь концентрированной серной кислоты и бензина в определенном соотношении, а также ткань, пропитанную концентрированным раствором хлората калия и сахара. В результате реакции серной кислоты и хлората калия образуется сильный окислитель – оксид хлора (V), при реакции которого с сахаром происходит выделение большого количества энергии, вызывающего воспламенение основного горючего вещества – бензина. Хлорат калия может быть заменен перманганатом калия, бихроматом калия или перхлоратом калия, поскольку оксиды марганца (VII), хрома (VI) и хлора (VII) также являются сильными окислителями.

Возможности обнаружения

Указанные выше кислоты прекрасно растворяются в воде и их непрореагировавшие остатки вполне могут быть утеряны при тушении. Тем не менее, очевидно, что в подозрительных случаях полезно измерить с помощью индикаторной бумаги pH влажной поверхности или капель, лужиц в застойных зонах. Если бумага покажет кислую реакцию ($\text{pH} < 7$), то имеет смысл отбора пробы (жидкости, объекта-носителя) и ее анализ в лабораторных условиях с определением наличия и содержания сульфат – и нитрат-иона (ионная хроматография, реактивные индикаторные средства, ионселективные электроды и т.д.).

Компоненты зажигательных составов, выполняющие функции топлива

Выше уже отмечалось, что за исключением, пожалуй, щелочных, щелочноземельных металлов и фосфора, большинство применяемых для поджогов составов представляют собой композиции сильного окислителя и легкоокисляемых веществ. Речь выше в основном шла об окислителях, хотя упоминались и составляющие им пару вещества, выполняющие роль топлива – спирты, гликоли, глицерин, другие ЛВЖ и ГЖ, алюминиевый порошок, сахарный песок или пудра и т.д. Кроме них, поджигатель старается собрать на месте дополнительную пожарную нагрузку, гарантирующую более быстрое и надежное развитие последующего горения – бумагу, тряпки и т.д. Неспецифичность такой дополнительной пожарной нагрузки обычно не позволяет в случае

обнаружения ее остатков делать какие – либо выводы о факте поджога; разве что рассматривать как косвенный признак поджога в случае ее явно искусственного сосредоточения в очаговой зоне (см. выше, подраздел 14.2).

Но иногда поджигателю кажется недостаточным или ненадежным использование при поджоге горючих веществ и материалов, находящихся непосредственно на месте пожара. Тогда он приносит на место поджога горючую жидкость (см. раздел 14.4) или твердые горючие вещества и смеси – прежде всего такие, которые обеспечивают хороший энергетический эффект при сгорании. Иногда используются вещества, продающиеся в магазинах или используемые в производстве. В отдельных случаях это специально составленные смеси. Рассмотрим некоторые из них.

В качестве горючих веществ в состав зажигательных смесей (ЗС) могут входить органические углеродсодержащие материалы, такие, как, например, древесный уголь (используемый, в частности, в дымном порохе), сахар, глицерин, спирт, ацетон, уксусная кислота, скипидар и др. В роли горючего могут выступать также неорганические вещества, включающие такие неметаллические элементы, как сера, красный фосфор, углерод, а также химически активные металлы (алюминий, магний, титан и т.п.).

«Искусственные дрова»

Топливо для бытовых нужд, называемое «искусственными дровами», широко применяется в США, странах Западной Европы. Пока оно достаточно редко встречается в России, но никто не знает, что будет завтра, поэтому упомянем этот достаточно специфический вид топлива, воспользовавшись информацией [20].

«Дрова» обычно упакованы и состоят из опилок, воска и красителя на основе меди.

Горят они медленно и с большим тепловыделением. При использовании в качестве зажигательного устройства упаковку обычно открывают, разбрасывают вокруг маленькими порциями и зажигают от любого источника открытого пламени.

После тушения пожара могут быть найдены остатки этого вещества. Они могут быть в виде порошка коричневого или медного оттенка. В [20] отмечается, что *«...во время испытаний остатки, найденные на пористых камнях двора, имели черный цвет. Сначала после горения этот остаток имел легкий оттенок меди, однако, внизу осталось только черное вещество. Остаток не имеет запаха и «восковой» на ощупь»*.

Горючие кубики (сухое горючее)

Кубики состоят из отвердителя и горючей жидкости типа керосина. Они продаются в хозяйственных магазинах, супермаркетах и т.д. Применяются для разжигания костров, печей и так далее.

Зажигание производится от источника открытого огня (спички и др.).

«Кубики дают ровное, устойчивое пламя, однако, при горении образуется большое количество черного дыма, который может быть обнаружен. Их могут использовать, в частности, для зажигания обтянутой тканью мебели. В зависимости от интенсивности пожара может оставаться или не оставаться воск с отчетливым запахом керосина [20].»

Смесь «Парафин/опилки»

Смесь изготавливается из опилок, парафина, пчелиного воска. Имеет желеобразную консистенцию, при охлаждении затвердевает.

Как пишут зарубежные коллеги, чаще всего эту смесь поджигатели укладывают в бумажный мешок и помещают между подушками мебели. Угол или край мешка зажигают. Так как мешок и смесь горят медленно, зажигать спичками не опасно. Иногда смесь помещают где-нибудь наверху, например, на трубопроводе (воздуховоде) под перекрытием в подвале и т.п. После пожара может остаться несгоревший парафин (воск) с частицами опилок [20].

Напомним (см. главу 4 книги 1), что остатки парафина могут быть обнаружены методом газовой хроматографии даже на обгоревших остатках древесины, опилок и т.д.

Напалм и подобные ему составы

Изготавливается из порошкового мыла, бензина, керосина, топочного мазута, бензола или толуола. Смесь изготавливается по специальной технологии; готовый продукт имеет пастообразное состояние с консистенцией желе.

Запальным устройством может быть любой из перечисленных выше составов, кроме белого фосфора. Зажигаемый материал – бумага, сено, древесина и др. [20].

Разлитый напалм прилипает к материалам и изделиям, горит интенсивно, при горении развивается высокая температура. В зоне горения могут образовываться характерные для горения тяжелых жидкостей локальные прогары. Анализ отобранных древесных углей по методике [18] будет показывать аномально высокую температуру пиролиза (даже на уровне пола – 700-800 °С и выше).

В отобранных пробах грунта, тканей, древесины должны обнаружиться компоненты, характерные для тяжелых нефтепродуктов, в том числе полиядерные ароматические углеводороды.

Нужно сказать, что в России поджигатели часто не утруждают себя соблюдением технологии и готовят не напалм, но несколько похожие горючие смеси из подручных материалов. Так, в одном из областных центров России злоумышленник поливал поджигаемые объекты смесью, основными компонентами которой были так называемая «отработка» моторного масла и бензин. В этом случае химический анализ также обнаруживает странную смесь легкого нефтепродукта (бензина) с более тяжелым, нехарактерную для обычных товарных нефтепродуктов.

Термитные составы

Термитами (термитными составами) называют специальные смеси, при горении которых развиваются температуры порядка 2000-2500 °С. Подобные составы уже упоминались в книге 1 (раздел 9.4 «Термитная сварка»).

Обычный **термит** – это смесь порошкового алюминия и оксида железа (Fe_2O_3). При зажигании горит с исключительной силой, разбрасывая капли расплавленного металла. Температура в зоне пламени превышает 2500 °С – это достаточно для того, чтобы расплавить железо, сталь и даже оплавить бетон. Чтобы зажечь термитную смесь требуется большое количество теплоты. Поэтому обычно в качестве инициатора зажигают полоску магния. Горящий термит очень трудно потушить, так как процесс горения осуществляется за счет собственного кислорода [2].

Иногда термитом называют смеси, состоящие из порошкового алюминия или магния в сочетании с перечисленными выше окислителями, такими, как нитрат натрия, калия, бария, бихромат натрия, калия или перманганат калия.

Эта смесь обычно зажигается зажигательным устройством замедленного действия, потому что из-за быстрого зажигания может пострадать поджигатель [20].

Зажигаемыми веществами (дополнительной пожарной нагрузкой) могут быть металлы в порошке, бумага, ветошь, древесная стружка и даже монолитная древесина.

Дж. ДеХаан отмечает, что, к счастью, термитные составы используются поджигателями редко, потому что магниевые запальные устройства трудно приобретать и зажигать. С другой стороны, средства, содержащие термитные составы, в настоящее время имеются в свободной продаже и, безусловно, могут быть применены для поджогов. Так, например, тот же ДеХаан указывает на возможность применения в криминальных целях *порошка для сварки Cadweld*®. Он представляет собой смесь измельченного в порошок алюминиево-медного сплава и железа, которая горит так же как термит. В качестве остатка дает расплавленную медь, которая используется для сварки больших медных брусков электрооборудования. Развивается температура порядка 2000 °С. Для зажигания смеси требуется источник высокой температуры, но в упаковках имеется небольшое количество магния, так что их можно зажечь спичкой [2]. Аналогичные средства термитной сварочной техники выпускаются и применяются в России. Они рассматривались в главе 9.4 книги 1.

При сгорании термитной смеси получается значительное количество остатков, которые можно идентифицировать при помощи химического анализа, но они могут иметь неброский внешний вид

и их можно не заметить. В частности, остатки смеси для сварки меди легко можно спутать с расплавленной медью проводов и не обратить на них внимания [2].

В то же время, признаки воздействия очень высокой температуры, вплоть до оплавления бетона и расплавления стали, трудно не заметить и не оценить – подобные следы достаточно специфичны.

Элементный анализ с обнаружением перечисленных выше компонентов также способен дать криминалистически значимую информацию.

Черный порох

Это взрывчатое вещество, применяемое в пиротехнике, в оружии старых образцов, для фейерверков. Дымный порох или черный порох является смесью нитрата калия, древесного угля и серы, обычно в примерном соотношении 75: 15: 10. (Соотношение может изменяться для того, чтобы регулировать скорость горения.) Когда порох сухой, он загорается от маленькой искры, от пламени или трения, но, поглощая воду из атмосферы, приходит в негодность («держи порох сухим» завещали предки). При горении пороха развивается температура порядка 2000 °С. Если нет пространственных ограничений, происходит дефлаграционное горение [2].

Поджигатели порох приобретают в магазинах спортивных товаров или изготавливают самостоятельно из указанных выше ингредиентов

Обычно порох насыпают в виде «дорожек» и зажигают открытым пламенем или специальными зажигательными устройствами.

Возможности обнаружения после пожара.

В [20] утверждается: «...Если пожар не будет развиваться должным образом, могут остаться негоревшие дорожки пороха, что будет служить вещественным доказательством».

Более надежным представляется анализ проб, отобранных в очаговой зоне или по трассе «трейлеров», на нитрат-ион и серу.

14.9. Обнаружение и исследование зажигательных составов

- Обнаружение остатков зажигательных составов в очаге пожара и прилегающих ему зонах.
- Отбор и упаковка проб при осмотре места пожара
- Лабораторные методы исследования
- Аналитические схемы исследования объектов, содержащих остатки ЗС

Выше, при описании основных типов зажигательных составов, мы уже отмечали возможности обнаружения отдельных из них на месте пожара. Но эксперт заранее не знает, насколько «хватило фантазии» у поджигателя и какой состав он мог изготовить и применить. Поэтому при поисках остатков ЗС и определении их природы, как правило, приходится искать не какое-то отдельное вещество, а устанавливать наличие или отсутствие целой гаммы возможных составов. Для этого разработаны специальные аналитические схемы, предусматривающие использование различных методов – от простейших, химических до достаточно сложных инструментальных. Они приведены в специальном методическом пособии, разработанном сотрудниками Исследовательского центра экспертизы пожаров ФГУ ВНИИПО [56].

Остановимся на кратком описании этих методов.

Вещества, применяемые для инициирования горения при поджоге, в ходе пожара в большинстве случаев изменяют свое первоначальное состояние, образуя новые соединения. Это происходит в результате химического взаимодействия окислителя с горючими веществами и термической деструкции под воздействием высокой температуры на пожаре. Тем не менее, на месте пожара

возможно обнаружение остатков инициаторов горения и в первоначальной (непрореагировавшей) форме, поскольку на практике редко удается изготовить смесь горючего и окислителя с соблюдением стехиометрического соотношения компонентов [18].

В таблице 14.2 представлены наиболее часто используемые компоненты пирофорных смесей, а также продукты их химических превращений.

Обнаружение повышенного по сравнению с фоновым уровнем содержания в зоне очага пожара компонентов ЗС и продуктов их химического превращения может служить основанием выдвижения версии о поджоге.

Таблица 14.2

**Компоненты ЗС и продукты их превращения,
которые могут быть обнаружены на месте пожара**

Компонент ЗС	Продукты химического превращения
Окислители	
Нитраты (KNO_3 , NaNO_3 , NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)	K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , NO_2^- , OH^-
Перманганаты (KMnO_4)	K^+ , Mn^{2+} , MnO_2 , Mn_2O_3
Хлораты (KClO_3), броматы (KBrO_3), иодаты (KIO_3)	K^+ , Cl^- , Br^- , I^-
Перхлораты (KClO_4 , NH_4ClO_4)	K^+ , NH_4^+ , Cl^-
Хроматы и бихроматы (K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	K^+ , Cr^{3+} , Cr_2O_3
Пероксиды и надпероксиды (Na_2O_2 , BaO_2 , KO_2)	Na^+ , K^+ , Ba^{2+} , OH^-
Минеральные кислоты (H_2SO_4 , HNO_3)	SO_4^{2-} , S^{2-} , NO_3^- , NO_2^-
Горючее	
Активные металлы (Na , K , Ca , Mg , Al)	Mg^{2+} , Al^{3+} , MgO , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Al_2O_3 , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , OH^-
Другие вещества (сера, фосфор)	SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , H^+

**Обнаружение остатков зажигательных составов
в очаге пожара и прилегающих к нему зонах**

Остатки ЗС могут быть обнаружены как в зоне очага пожара, так и в непосредственной близости от него.

Сгорание специальных поджигающих составов на поверхности конструкций и предметов может оставлять следы в виде небольших локальных зон глубокого обугливания древесины, поверхности мягкой мебели и т.п.

На поверхности бетона, керамической плитки, металла остатки инициаторов горения могут находиться в виде спекшейся массы различной формы черного, сине-черного, зелено-черного цветов (перманганаты, гексацианоферраты, перхлораты, хлораты, нитраты), застывшего расплава (окись свинца), рассеянных хлопьев темно-зеленого оттенка (бихроматы). При использовании поджигателем смесей, содержащих магний или алюминий, в зонах, прилегающих к очагу пожара, может быть обнаружен мелкий кристаллический порошок белого или светло-серого цвета. Горение термитных составов сопровождается образованием частиц расплавленного металла (железа, меди и др.), которые после застывания могут быть обнаружены в виде твердых частиц округлой формы.

При тушении пожара водой растворимые компоненты ЗС переходят в водный раствор, что в определенных случаях может приводить к образованию на поверхности древесины, бетона и других материалов потеков желтого (хроматы), красного (бихроматы), фиолетового (перманганаты) и другого цвета.

Наличие таких пятен и остатков отмечается в протоколе осмотра места пожара, они фотографируются; затем производится отбор проб для лабораторных исследований.

Тем не менее, в ряде случаев, визуальный поиск подобного рода остатков оказывается неэффективным. В этом случае может помочь определение рН воды в лужицах на месте пожара и влажных поверхностях обгоревших конструкций и изделий.

В результате химических реакций наиболее доступных зажигательных и пиротехнических составов может происходить изменение кислотно-основного равновесия (значения рН) в зоне очага пожара. Значительное отклонение величины рН ($pH < 6,0$ или $pH > 8,0$) от нейтрального значения ($pH = 7,0$) свидетельствует о целесообразности изъятия проб для лабораторных исследований.

Кислотную реакцию среды ($pH < 6,0$) обеспечивают смеси на основе сильных кислот, в частности, серной и азотной. При использовании поджигателем данных соединений, в месте очага пожара и прилегающих зонах может происходить существенное снижение показателя рН среды по сравнению с нейтральным значением ($pH = 7,0$). Установленное значение может варьироваться в различных пределах (в зависимости от концентрации остатков кислоты) и составлять величину $pH \ll 6,0$; причем более низкое значение показателя рН среды может рассматриваться пожарно-техническим экспертом как наиболее подходящее для изъятия проб для лабораторных исследований.

Необходимо отметить, что концентрированные кислоты являются достаточно опасными в обращении веществами и, как правило, зажигательные смеси на их основе изготавливаются в стеклянной или пластиковой таре. В связи с этим при получении данных о низком показателе рН имеет смысл произвести тщательный осмотр на предмет обнаружения осколков стекла или остатков пластиковых емкостей или контейнеров.

Щелочную реакцию среды ($pH > 8,0$) дают смеси на основе щелочных и щелочноземельных металлов (Na, K, Ca, Sr, Ba), их оксиды и пероксиды (Na_2O_2 , KO_2 , BaO_2 и др.), которые при взаимодействии с водой (влажностью воздуха) образуют сильные щелочи [56].

Щелочную реакцию среды дают также некоторые составы на основе нитратов, которые при разложении образуют оксиды металлов (CaO, SrO, BaO), а также различные смеси с магнием (MgO , $Mg(OH)_2$).

Для определения рН небольшую часть обнаруженных предполагаемых остатков ЗС (несколько крупинок на кончике пинцета или шпателя) или несколько грамм объекта-носителя (грунт, ткань, древесная стружка и т.д.) заливают минимальным количеством дистиллированной воды и с помощью индикаторной бумаги по цветовой шкале проводится определение величины рН приготовленного водного раствора.

В местах скопления воды после пожаротушения производится определение рН непосредственно этой жидкости. Параллельно исследуется «холостая» проба в месте, отдаленном от прилегающих к очагу пожара зон.

Повышенная кислотность ($pH \leq 6$) или щелочность ($pH \geq 8$) раствора может служить поводом для изъятия вещества для лабораторных исследований.

В последнее время в России и за рубежом широко применяются портативные рН-метры, позволяющие в полевых условиях проводить измерения величины рН водных растворов и некоторых других показателей.

Для целей пожарно-технической экспертизы может быть, в частности, рекомендован к использованию портативный рН-метр HI 8314 фирмы «Hanna Instruments», преимущества которого заключаются в возможности проводить определение рН непосредственно на любых влажных поверхностях.

Необходимо, однако, иметь в виду, что некоторые объекты-носители и добавки к ним различных соединений сами могут вносить вклад в изменение кислотно-основного равновесия. Исследования показали, что рН образцов древесины, линолеума и коврового материала в исходном состоянии и после сжигания является нейтральным в пределах погрешности. Однако, строительные неорганические материалы, содержащие в своем составе известь (бетон, цемент и др.), и в исходном состоянии демонстрируют щелочную реакцию [56]. Это необходимо принимать во внимание при анализе объектов из подобного рода материалов.

Применение реактивных индикаторных бумаг

Экспрессным методом обнаружения остатков зажигательных смесей на месте пожара является также использование реактивных индикаторных средств (РИС), и, в частности, реактивных индикаторных бумаг (РИБ), селективных по отношению к определенным компонентам ЗС. Данный метод целесообразно применять в случае, когда величина рН водных растворов в предполагаемом месте очага пожара составляет близкое к нейтральному значение (рН=6-8).

Химические тест-методы анализа имеют много достоинств - экспрессность (длительность анализа не превышает 20 мин); возможность проведения анализа в полевых условиях; низкую стоимость анализа; простоту в использовании, не требующую высокой квалификации персонала, выполняющего анализ; хорошую чувствительность метода (от 0,5 мг/л) [57]. Все перечисленные достоинства тест-методов анализа предполагают возможным их использование в пожарно-технической экспертизе.

Обнаружение остатков зажигательных средств при помощи РИБ основано на химическом взаимодействии индикатора с остатками зажигательного состава – как прореагировавшими, так и не прореагировавшими при поджоге. Содержание компонентов определяют по цвету или интенсивности окраски индикаторной бумаги, возникающей после контакта индикатора с исследуемым веществом или его раствором. При помощи РИБ возможно обнаружение NO_3^- , NO_2^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , ClO^- и других ионов.

Поскольку подобные тест-системы предназначены, в основном, для анализа ионного состава водных растворов, предварительно необходимо провести растворение (хотя бы частичное) исследуемого неизвестного вещества в дистиллированной воде.

Так как в природных и сточных водах содержатся в незначительных количествах все выше упомянутые ионы, параллельно проводят анализ «холостых» проб воды.

Если РИБ не дали положительных результатов на наличие тех или иных ионов, но заметны характерные внешние признаки присутствия на поверхности бетона, керамической плитки, металла предполагаемых остатков ЗС (в виде спекшейся массы различной формы и оттенков), отбирают пробы этих остатков для детального исследования их в лаборатории инструментальными методами. Параллельно отбирают пробу сравнения того же объекта-носителя.

Отбор и упаковка проб при осмотре места пожара

Для исследования в лаборатории пробы отбираются:

- в зонах положительной реакции РИБ;
- по месту нахождения визуально выявленных остатков инициатора горения;
- в любых прочих подозрительных местах (ими могут быть места обнаружения корпусов самодельных или промышленно изготавливаемых пирефорных или пиротехнических составов, стеклянных или пластмассовых емкостей, содержащих остатки жидкости, фитилей и других элементов зажигательных устройств).

Пробы отбирают соскобом, состругиванием, вырезанием отдельных участков предмета-носителя.

При наличии на поверхности конструкции или предмета спекшейся массы, расплава, приставшего к поверхности или «въевшегося» в нее, отбор пробы может производиться посредством протирки подозрительного участка куском чистой *наждачной шкурки* на тканевой основе, размером не менее 5 × 5 см. Шкурка со снятыми с поверхности предмета остатками ИГ упаковывается и оформляется аналогично прочим пробам.

Особой осторожности требует отбор проб с *окрашенных поверхностей*. Наличие в пробе мелких частиц деструктированного слоя краски может существенно исказить результаты качественного элементного анализа пробы. Известно, что в состав красок входят пигменты, среди которых могут быть оксиды металлов (титана, цинка, хрома, железа, свинца, кобальта, алюминия, никеля и др.) и соли (хроматы свинца, цинка, стронция, кальция, бария). Соединения хрома, железа также могут существенно исказить результаты диагностики остатков сильных окислителей в пробах. В этой связи при отсутствии

возможности отделения изымаемого для лабораторных исследований вещества от частиц краски, отбирают несколько проб сравнения этой краски для надежного определения уровня фона примесей.

При отборе **проб древесины** следует отбирать и **пробы обугленной части**, т.к. на обугленной поверхности древесины достаточно хорошо сохраняются ИГ, а также остатки после их выгорания. Обугленная поверхность древесины после горения имеет трещины, в которых может концентрироваться искомый окислитель, смываемый туда потоками воды при тушении пожара.

Материалы мягкой мебели (ткани, ватин, пенополиуретан) и их обгоревшие остатки со следами ЗС вырезаются ножом, скальпелем, ножницами.

Возможен отбор на исследование проб воды, скопившейся после тушения в углублениях на полу, других конструкциях и предметах, в местах, где, судя по обстоятельствам пожара, мог находиться инициатор горения.

Капли и лужицы жидкости могут быть собраны шприцем или стеклянными капиллярами. К отбору проб с использованием ватных тампонов или фильтровальной бумаги следует подходить с известной осторожностью, поскольку в качестве одного из компонентов ЗС могла быть использована концентрированная серная или азотная кислота. В этой связи рекомендуется предварительное установление величины рН жидкости. Чистый образец ваты или бумаги при отборе проб с использованием этих материалов также предоставляется на экспертизу для сравнительного исследования. Смоченные тампоны, бумагу складывают в герметически закрывающуюся емкость.

Требования к объему или массе отбираемых проб могут варьироваться в зависимости от их природы – для анализа в лабораторных условиях необходимо не менее 0,5–0,1 грамма остатков от сгорания пирофорных составов; в случае подозрения на присутствие ЗС в местах сильного обугливания древесины и других материалов, отбор обуглившихся остатков следует производить в количестве не менее 5–10 грамм, в случае отбора проб водных растворов и других жидкостей оптимальным объемом можно считать 50–100 мл, что продиктовано особенностями различных методов исследования.

Основными требованиями, предъявляемыми к таре для упаковки проб, являются ее прочность, чистота и химическая инертность. Для упаковки небольших проб твердых веществ вполне пригодна как стеклянная тара, так и полиэтиленовые пакеты и емкости. Не допускается использование для упаковки ЗС металлических банок или контейнеров. Пакеты, используемые для упаковки должны быть плотные (из толстой полимерной пленки), новые и целые. После помещения в пакеты остатков пирофорных составов, их герметично закрывают.

С целью обеспечения собственной безопасности мероприятия по отбору и упаковке проб следует проводить в резиновых или полиэтиленовых перчатках с использованием подходящего инструмента: пинцета, шпателя и т.п.

Лабораторные методы исследования

Для установления наличия и природы остатков ЗС в объектах, привезенных с пожара, могут применяться современные физико-химические методы, такие, как элементный анализ (в частности, рентгенофлуоресцентный), рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия, УФ-спектроскопия, ионная хроматография. Ряд этих инструментальных методов исследования находится на вооружении СЭУ ФПС ИПЛ и экспертно-криминалистических лабораторий МВД России.

Определение элементного состава

Существует ряд инструментальных методов, которые могут применяться для элементного анализа (рентгенофлуоресцентный, атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и др.).

Одним из наиболее широко применяемых в настоящее время является рентгенофлуоресцентный анализ. Его преимуществами является экспрессность и сохранение пробы вещества при анализе.

В ряде экспертных подразделений МЧС и МВД России для этих целей используется универсальный прибор рентгеновского анализа СУР-01 «Реном». Спектрометр предназначен для определения содержания химических элементов от К до U в различных веществах, находящихся в твердом,

порошкообразном или растворенном состояниях, а также нанесенных на поверхности и осажденных на фильтры.

В качестве примера на рис.14.15 представлен спектр остатков после сгорания пирофорного состава: « $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{глицерин}$ ».

Рентгенофазовый анализ

Разновидностью рентгеновского анализа является рентгеновский анализ *фазового состава* вещества. Он также может применяться для обнаружения остатков ЗС.

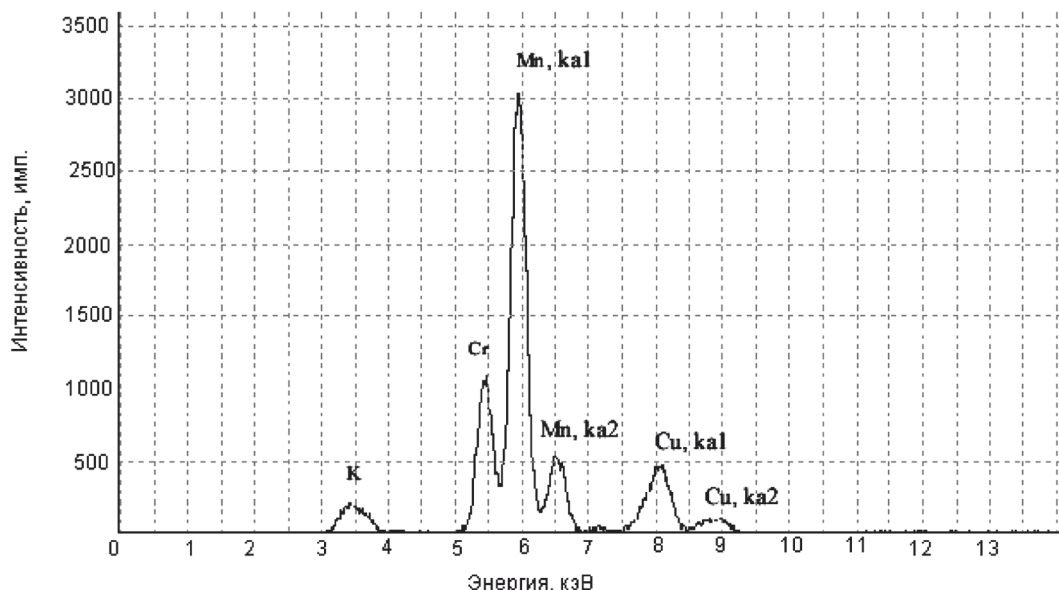


Рис.14.15. Рентгенофлуоресцентный спектр остатков сгорания состава « $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KMnO}_4 + \text{глицерин}$ » (объект-носитель – древесина)

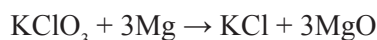
В основе метода рентгенофазового анализа используется явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке. По полученной дифрактограмме определяют межплоскостные расстояния (d) и относительные интенсивности для каждой линии (I). Для идентификации вещества сравнивают полученный набор d и I со справочными данными. В программное обеспечение современных рентгеновских дифрактометров входит база данных рентгенофазовых стандартов (эталонных спектров чистых фаз), которая содержит данные о рентгеновских характеристиках большого количества веществ и дает возможность быстро (за несколько минут) определять вещество или группу веществ с соответствующими характеристиками. У разных веществ могут быть совпадающие в пределах точности эксперимента межплоскостные расстояния, но набор межплоскостных расстояний является уникальным, т.е. является «паспортом» вещества.

К достоинству метода относится его «неразрушающий» характер – пробы при анализе сохраняются; к недостаткам – относительно большое количества требуемого для анализа вещества и сложности в расшифровке состава, особенно многокомпонентных смесей. В последнем случае часто требуется сочетание рентгенофазового и элементного анализов.

При рентгенофазовом анализе необходима тщательная пробоподготовка (размер частиц анализируемого вещества должен быть порядка 1-10 мкм). В случае, когда остатки ЗС, привезенные с места пожара, находятся в смеси с частицами объекта-носителя (волокна древесины, кусочки линолеума и т.п.), требуется их разделение, поскольку последние могут существенно исказить дифракционную картину.

На рисунке 14.16 представлена в качестве примера дифрактограмма остатков сгоревшего состава « $\text{KClO}_3 + \text{Mg}$ », снятая на приборе СУР-01 «Реном».

Идентификация фаз по базе данных позволила установить, что сгорание пирофорного состава прошло полностью – обнаружены фазы, соответствующие исключительно конечным продуктам реакции (хлорид калия, оксид магния):



О возможностях применения различных рентгеновских методов в исследовании остатков зажигательных средств более подробно рассказано в методическом пособии [64].

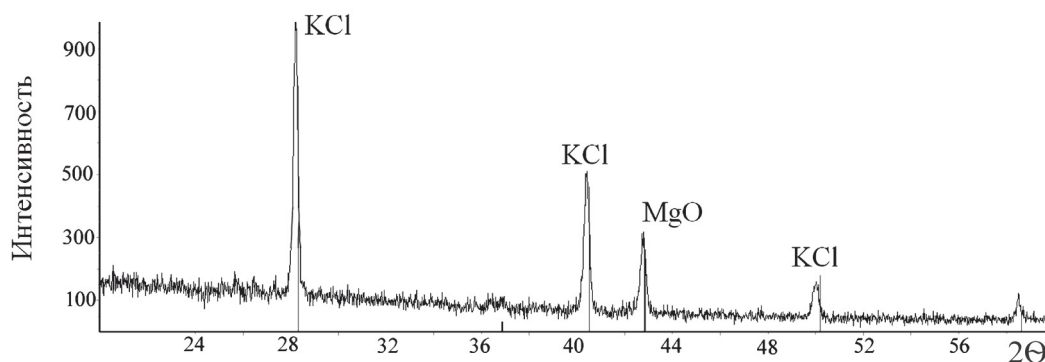


Рис.14.16. Фазовый состав остатков сгорания смеси «KClO₃ + Mg»

Применение реактивных индикаторных средств в лабораторных условиях

Реактивные средства бывают нескольких видов: рассмотренные выше индикаторные бумаги (РИБ), индикаторные растворы, индикаторные порошки и трубки, таблетки и др.

В качестве реактивных индикаторных средств могут применяться и **реактивные индикаторные комплекты** (РИК), в состав которых входят как буферные растворы, так и различные химические реагенты. Применение РИК в полевых условиях сопряжено с определенными трудностями, по этой причине целесообразнее их использование в лаборатории.

При помощи РИС возможно обнаружение NO₃⁻, NO₂⁻, Cr₂O₇²⁻, CrO₄²⁻, NH₄⁺, Mn²⁺, Al³⁺, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻, Cl⁻, SO₄²⁻ и других ионов.

Анализ проводится как с помощью РИС отечественного производства (ЗАО «Крисмас+», г. Санкт-Петербург и др.), так и выпускаемыми зарубежными производителями (фирма «Merck», Германия и др.).

Обнаружение остатков ЗС при помощи РИС в лаборатории проводится по следующей схеме: часть исследуемого образца растворяется в горячей дистиллированной воде, раствор фильтруется и проверяется при помощи РИБ и РИК на наличие водорастворимых ионов NO₃⁻, NO₂⁻, CrO₄²⁻, Cr₂O₇²⁻, Mn²⁺, Al³⁺, NH₄⁺, SO₄²⁻. Нерастворившийся в воде остаток растворяется в разбавленной соляной кислоте, после чего раствор исследуется на наличие следов марганца, хрома, меди, железа.

Недостатком метода является применение «мокрой химии» – растворение, фильтрация и т.д. Несомненным достоинством – простота, отсутствие необходимости использования сложных приборов.

Молекулярная спектроскопия в видимой и УФ-области спектра

Методы молекулярной спектроскопии являются при исследовании остатков ЗС менее информативными, нежели методы элементного, фазового, химического анализа. Однако, учитывая наличие в СЭУ ФПС ИПЛ ИК-спектрометров и спектрофлуориметров (с помощью последних можно снимать УФ-спектры), необходимо рассмотреть возможность их использования для решения данных задач.

В состав ЗС входят вещества, имеющие спектры пропускания в видимой и ультрафиолетовой области. К ним относятся нитраты NO_3^- , хроматы CrO_4^{2-} , бихроматы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, перманганаты MnO_4^- , соединения Fe^{3+} (Fe_2O_3). Спектры пропускания в видимой и ультрафиолетовой области имеют и вещества, образующиеся в ходе термического разложения ЗС: нитриты NO_2^- , соединения Cr^{3+} (Cr_2O_3), иодиды I^- и др.

В таблице 14.3. представлены характеристические полосы пропускания перечисленных выше неорганических соединений в водных растворах [58-60].

Исследование остатков ЗС может проводиться на любом современном спектрофлуориметре, обеспечивающим изучение фотометрических характеристик. К таким приборам можно отнести и спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама», имеющийся в наличии в СЭУ ФПС и экспертных организациях других ведомств.

Таблица 14.3.

Характеристические полосы пропускания неорганических соединений, входящих в состав ЗС и продуктов их химических реакций

№	Ион	Положение полосы пропускания, нм	Молярный коэффициент экстинкции, ε
1	NO_3^-	303 194	7 8800
2	NO_2^-	354 210 287	23 5380 9
3	Cr^{3+}	588 416	14 15
4	I^-	226 194	12600 12600
5	Fe^{3+}	714	14000
6	MnO_4^-	528	240
7	CrO_4^{2-}	370	1400
8	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	350 (0,9 н. раствор H_2SO_4)	750

В случае, если поджигающий состав состоит из смеси веществ, имеющих спектры с близко находящимися друг к другу полосами пропускания, но с разными значениями молярных коэффициентов экстинкции, то в спектре пропускания исследуемого состава слабые полосы могут маскироваться более интенсивными (с наибольшим молярным коэффициентом экстинкции). Это существенно усложняет расшифровку результатов анализа остатков ЗС данным методом.

В принципе, метод УФ-спектроскопии применим для обнаружения остатков ЗС в случае сохранения в этих остатках даже незначительных количеств водорастворимых ионов, имеющих спектр пропускания в области 200-700 нм, таких как NO_3^- , NO_2^- , CrO_4^{2-} , I^- , MnO_4^- . Но лучше применять его в комплексе с другими инструментальными методами (см. ниже)

ИК-спектроскопия

Как известно, ИК-спектр вещества содержит полосы поглощения, соответствующие колебаниям определенных групп атомов, функциональных групп и молекул, входящих в состав данного вещества и служит его характеристикой. Поэтому спектроскопические данные позволяют идентифицировать неизвестные химические соединения. Однако данный метод имеет и свои ограничения, связанные со свойством аддитивности, в силу которого спектр смеси нескольких веществ представляет собой наложение спектров входящих в ее состав индивидуальных соединений. Это существенно

снижает возможность использования спектральных данных для установления природы неизвестных веществ [61].

Обнаружение и исследование остатков ЗС проводят на инфракрасном спектрофотометре с Фурье-преобразованием (например, ФСМ 1201), используя методику приготовления образцов в таблетке с бромидом калия (KBr) [46].

На рисунке 14.17 приведены спектры ряда оксидов металлов, как одних из наиболее вероятных соединений, способных остаться на месте пожара.

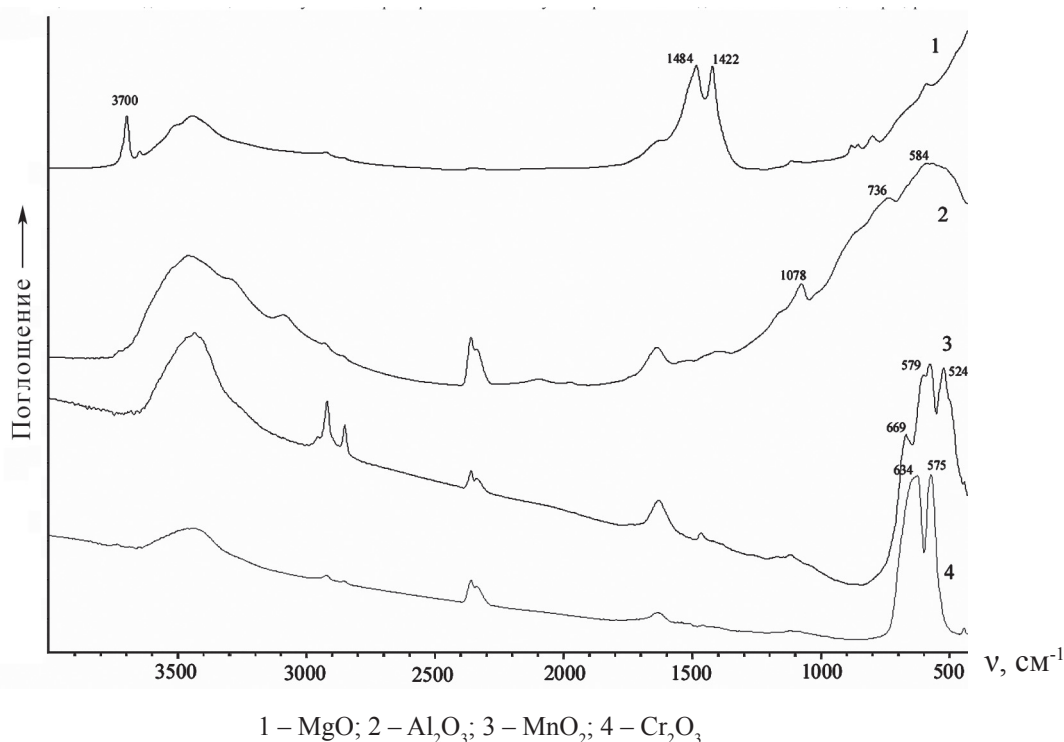


Рис.14.17. ИК-спектры некоторых оксидов металлов – продуктов сгорания ЗС

Большинство оксидов имеют широкие полосы поглощения сложной структуры в области ниже 1000 см⁻¹, за исключением MgO, имеющего полосы поглощения при 1422 и 1484 см⁻¹. Все исследованные оксиды имеют широкие полосы поглощения при 3300-3600 см⁻¹, отвечающих валентным колебаниям связей О-Н ассоциированных гидроксильных групп, что может указывать на содержащуюся в соединениях влагу. MgO, помимо этого, имеет полосу поглощения валентных колебаний неассоциированных гидроксильных групп. Это может служить косвенным признаком содержания в веществе примеси гидроксида магния Mg(OH)₂, и объясняется наибольшей реакционной способностью MgO по отношению к воде.

Исходя из приведенного примера, можно полагать, что, если в спектре неизвестного вещества присутствует широкая полоса в области длин волн 900-400 см⁻¹, это может указывать на присутствие в пробе исследуемого вещества соединений класса оксидов.

Наличие в спектре узкой полосы поглощения при 3650-3750 см⁻¹ может указывать на присутствие в пробе гидроксидов, также являющихся одними из возможных остатков ЗС.

Помимо оксидов, методом ИК-спектроскопии возможно обнаружение и некоторых других компонентов пирофорных составов или их остатков, в частности, солей [56].

В благоприятных случаях, когда на месте пожара удастся обнаружить исходные, неразложившиеся компоненты ЗС, ИК-спектроскопия также может оказать помощь в установлении природы неизвестного вещества. Однако, как правило, в результате пожара исходные окислители и горючее остаются довольно редко, а сгоревшие на месте пожара материалы (древесина, полимерные соединения, бумага и т.д.), находясь в смеси с остатками ЗС, существенно затрудняют расшифровку ИК-спектров.

Ионная хроматография

Для обнаружения ионов ЗС в водных растворах может использоваться ионная хроматография. Современные ионные хроматографы позволяют проводить качественный и количественный анализ неорганических (Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , Br^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} и др.) и органических ионов в водных растворах, водах различного происхождения (природных, сточных), а также в водных экстрактах.

Нижний предел обнаружения неорганических ионов находится в диапазоне 0,1-1,0 мг/л. Существуют стандартные методики качественного и количественного анализа различных катионов и анионов.

Ниже приведены хроматограммы анализа анионов и катионов 2 группы (рис. 14.18, 14.19) в стандартных условиях (концентрация ионов в смесях – 100 мг/л).

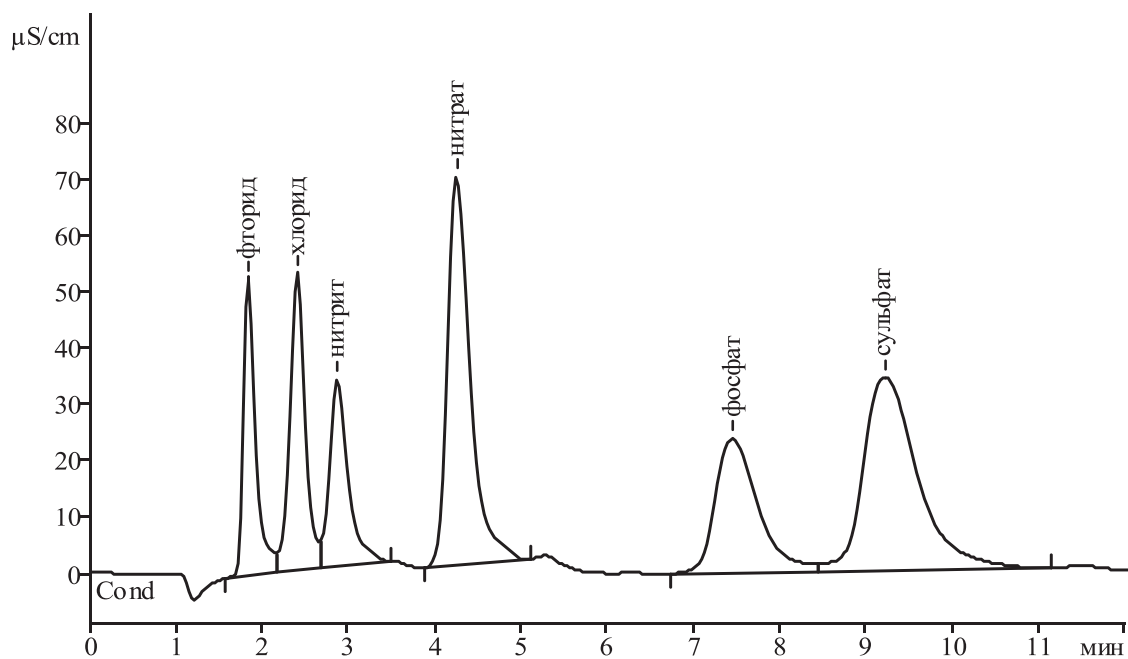


Рис.14.18. Хроматограмма смеси анионов

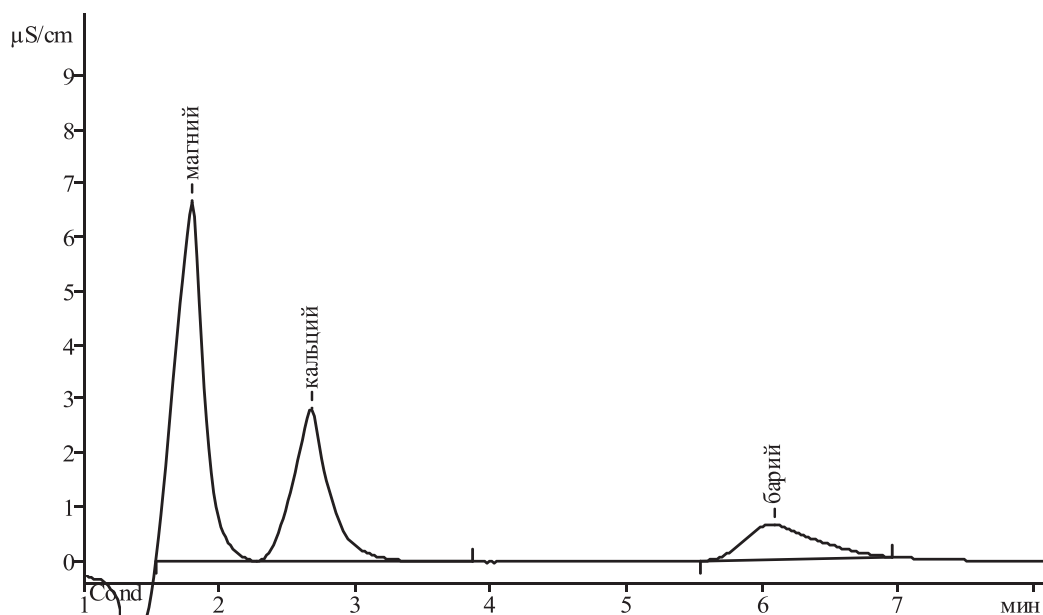


Рис.14.19. Хроматограмма смеси катионов 2 группы

Метод ионной хроматографии применяют, в основном, для анализа наиболее распространенных в минеральных и сточных водах катионов и анионов. Однако, анализ других ионов, составляющих основу компонентов ЗС, таких, как CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, ClO_3^- , катионы тяжелых металлов: Mn^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} и др., также возможен.

Метод ионной хроматографии, из всех перечисленных выше методов, наиболее трудоёмок, требует больших затрат времени на подготовку прибора к работе и поддержание его в рабочем состоянии. Поэтому очевидно, что применяется и будет применяться для данных целей он редко, только в лабораториях с соответствующим оборудованием.

Аналитические схемы исследования объектов, содержащих остатки ЗС

Рассмотренные выше химические и инструментальные методы исследования ЗС имеют свои, отмеченные выше, достоинства, недостатки и определенные аналитические возможности. Конечно, в этой связи наиболее полную информацию о предполагаемом химическом средстве поджога пожарно-технический эксперт может получить лишь в случае **комплексного использования** указанных физико-химических методов. Однако редкая лаборатория СЭУ ФПС имеет полный комплекс указанного оборудования. Поэтому разработаны **различные варианты аналитических схем**, которые рекомендуется применять в зависимости от наличия в экспертных подразделениях тех или иных приборов физико-химического анализа [56].

Наиболее простой вариант предусматривает использование исключительно реактивных индикаторных средств (РИС). Её реализация возможна в любом СЭУ. Иметь комплект РИС, чтобы при подозрении в применении ЗС была возможность провести соответствующие исследования, желательно в большинстве СЭУ ФПС.

Более сложные варианты предусматривают применение РИС совместно с элементным анализом; применение РИС совместно с ИК- и УФ- спектроскопией; исследование методами химического анализа и ионной хроматографии.

Наиболее полная аналитическая схема (рис.14.20) включает сочетание методов химического анализа (РИС), рентгеновского анализа, а также методов молекулярной спектроскопии (ИК-, УФ-спектроскопии) и ионной хроматографии. Применение данных методов в комплексе позволяет обнаруживать широкий спектр пиррофорных составов, включающих нитраты, перманганаты, хроматы, бихроматы, минеральные кислоты-окислители, фосфор, серу, соединения тяжелых металлов и т.д.

Уже на начальной стадии исследования, без специальной пробоподготовки, неизвестное вещество, изъятое с места пожара, может в короткие сроки быть проанализировано методами рентгенофлуоресцентной и ИК-спектроскопии на наличие в своем составе элементов, составляющих основу ЗС (К, Са, Sr, Ва, Zn, Fe, Cu, Mn, Cr, Br, I), а также оксидов и гидрооксидов. Это позволяет эксперту определить стратегию дальнейших экспериментов с использованием методов химического анализа, УФ-спектроскопии и ионной хроматографии.

Так, имея в распоряжении метод элементного анализа, в частности рентгенофлуоресцентного, можно значительно упростить исследование остатков ЗС. Можно вовсе обойтись без привлечения метода УФ-спектроскопии или применять его в случае неоднозначных результатов химического анализа и ИК-спектроскопии. Метод с использованием РИС также упрощается, отпадает необходимость в окислительном спекании образцов.

Поскольку в некоторых зажигательных составах используются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, целесообразно также привлечение существующих методик по обнаружению на месте пожара остатков ЛВЖ и ГЖ методами флуоресцентной спектроскопии и газо-жидкостной хроматографии [28].

В этой связи перед проведением водной экстракции неизвестного образца проводят его гексановую экстракцию. Водная экстракция же проводится путем растворения пробы в горячей дистиллированной воде. Нерастворимый осадок затем обрабатывается 20% раствором соляной кислоты, определяется наличие ионов Cr^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} . Водный экстракт отделяется в делительной

воронке от остатков гексанового слоя, проводится определение с помощью РИС присутствия ионов NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, NH_4^+ и др. На следующей стадии проводится фильтрация водного экстракта и анализ ионного состава инструментальными методами [56].

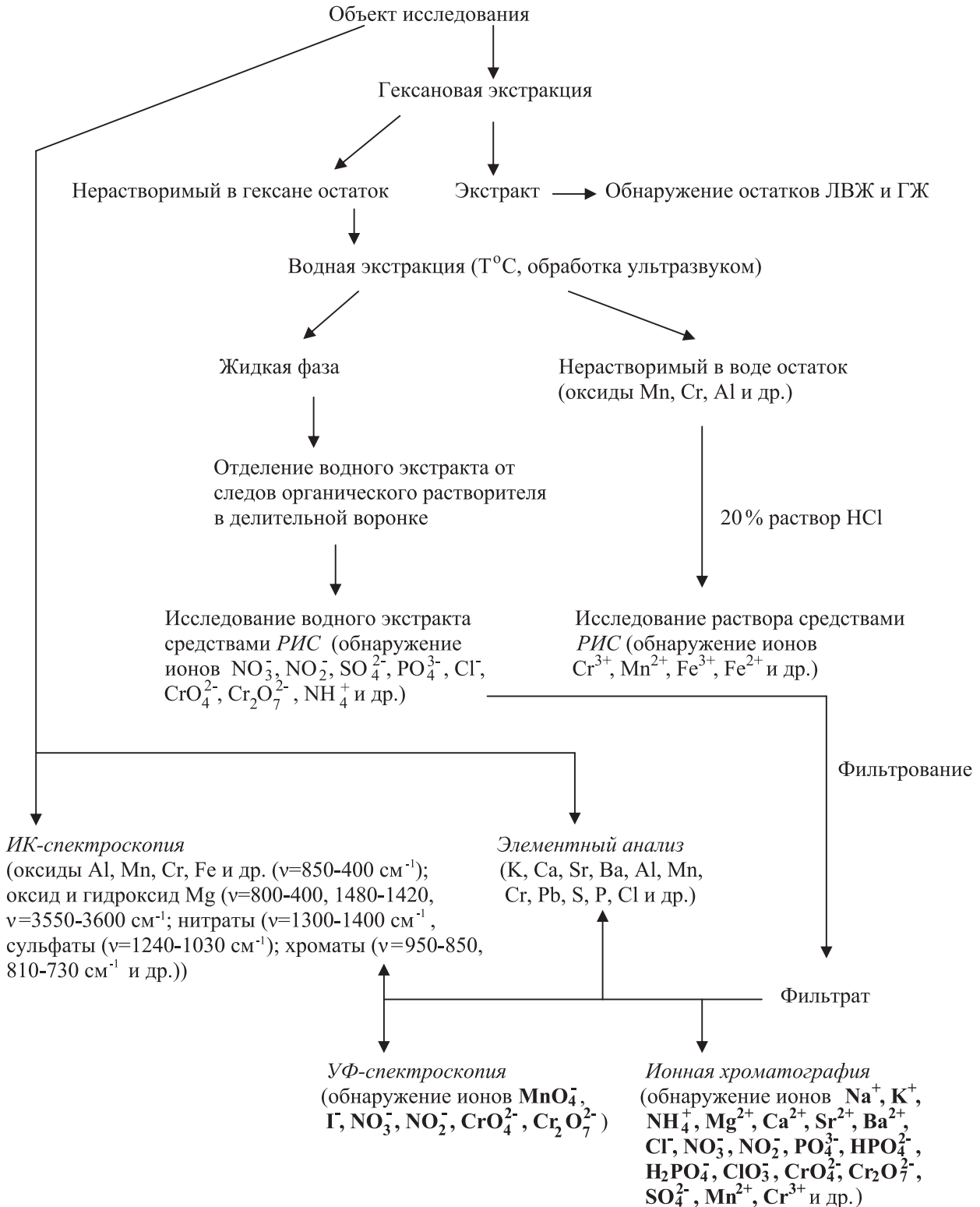


Рис.14.20. Полная аналитическая схема обнаружения остатков ЗС и установления их природы

14.10. Компоненты специальных устройств для поджогов

- Остатки емкостей, содержащих ЛВЖ (ГЖ)
- Огнепроводные шнуры (фитили)
- Свечи
- Тлеющие табачные изделия
- Проволочные нагревательные элементы
- Устройства, изготовленные из ламп накаливания
- Остатки радиоуправляемых и программируемых игрушек

Кроме традиционного разлива горючей жидкости и применения спецсоставов, поджигатели могут использовать и более сложные способы поджога и поджигающие устройства. На месте пожара могут оставаться их отдельные фрагменты, следы. Некоторые устройства достаточно технически сложны, некоторые примитивны и, тем не менее, свои функции выполняют. Главная задача таких устройств – задержка времени возникновения горения и обеспечение алиби поджигателю.

На месте пожара целиком устройства для поджога сохраняются редко. Чаще, если и находят, то только отдельные их компоненты. Некоторые из них рассмотрены ниже.

Остатки емкостей, содержащих ЛВЖ (ГЖ)

Стеклянные емкости

Из всех известных средств поджога, содержащих емкости с ЛВЖ (ГЖ), самыми известными во всем мире и распространенными являются бутылки с так называемым «коктейлем Молотова». Он представляет собой разбивающийся стеклянный контейнер с легковоспламеняющейся жидкостью. Зажигание происходит при контакте с горящим фитилем или химическим поджигающим устройством. Максимальный эффект достигается, когда этот контейнер ударяют о твердую поверхность (камень, бетон и т.п.), он при этом разбивается и бензин превращается в паровое и аэрозольное облако. Одновременно это облако поджигается, образуя огненный шар, который очень быстро перемещается (до 10 м/с). Хотя «коктейль Молотова» обычно зажигается от собственного фитиля, достаточно часто поджигатели используют и самовоспламеняющиеся смеси. Например, пакет с сахаром и хлоратом натрия привязывается или приклеивается к бутылке, а серная кислота добавляется в бензин. Когда бутылка разбивается, кислота реагирует с сахаром и хлоратом и в результате происходит вспышка пламени, которая зажигает бензино-воздушную смесь.

Иногда в подобных рецептурах бензин заменяют на описанный выше сгущенный «напалм».

Факт применения подобных средств поджога устанавливается относительно легко.

Во-первых, остаются осколки от разбитой бутылки, часто обнаруживается разбитое окно, если бутылку забрасывали через него. Разбитая бутылка обычно оказывается на полу, где она подвергается минимальному воздействию тепла, поэтому и повреждения от огня у нее минимальны.

Во-вторых, методами рассмотренными выше, в подразделах 14.5, 14.7, вполне могут быть обнаружены остатки бензина и других светлых нефтепродуктов.

В-третьих, очень уж специфическим является в этом случае возникновение горения (удар, хлопок, огненный шар, мгновенное интенсивное развитие горения), что непременно отметят свидетели, если таковые имелись.

Пластиковые бутылки (контейнеры), наполненные горючими жидкостями, также применяются при поджогах. Их могут разместить над какими-либо нагревателями, чтобы они расплавились, жидкость вытекла и воспламенилась. Но чаще такие бутылки обкладывают бумагой и мусором, которые поджигаются для того, чтобы емкость расплавилась и загорелось ее содержимое. Иногда пластиковую емкость, как и стеклянную бутылку, просто забрасывают в разбитое дома или автомобиля.

Конечно, эти контейнеры могут сгореть до такой степени, что идентификация их будет невозможной. Но обычно от них остается какой-то остаток в виде оплавленного и обожженного

агломерата. Особенно, если емкость упала на пол. Сам факт наличия такого агломерата в очаговой зоне, например, на полу салона автомобиля, там, где не было ничего подобного до пожара, свидетельствует в пользу версии о поджоге.

Хорошо бы в подтверждение этого обнаружить еще и остатки ЛВЖ; для этого по месту обнаружения остатков емкости и вокруг него целесообразно отобрать пробы хорошо впитывающих жидкости объектов-носителей, например, коврового покрытия пола. Реально, как показывает практика, и сохранение остатков (следовых количеств) бензина внутри полимерного агломерата.

Тонкостенные резиновые и пластиковые емкости.

Один из вариантов применения такого рода «тары» для ЛВЖ (Ж) – использование воздушного шарика или пластикового пакета, содержащего бензин и завязанного бечевкой. Шарик подвешивается над свечкой и раскачивается. Когда колебания прекращаются, шарик останавливается над свечкой, в результате чего в шарике появляется дырка; вылившееся топливо загорается и пожар распространяется на лежащий рядом мусор.

Тут неумелый поджигатель тоже может перестараться. Дж. ДеХаан пишет, что «...Хотя небольшое количество топлива достаточно эффективно, любители часто берут большой мешок для мусора с большим количеством топлива, который, скорее всего, потушит свечу, а не загорится» [2].

Отечественный опыт показывает, что можно обойтись и без раскачивания – тонкая резина, из которой сделан презерватив или воздушный шарик, если их наполнить бензином, через какое-то время неминуемо набухнет, растворится и бензин выльется наружу. Если внизу будет источник зажигания (например, свечка), произойдет загорание.

Аналогичным образом могут быть использованы применяемые в медицине напальчники, тонкие резиновые и пластиковые перчатки.

Известны устройства для поджогов, в которых зажигаемыми материалами являются упомянутые выше «конфетки», спичечные головки, порошок алюминий, а веществом, инициирующим загорание, концентрированная серная кислота. В этом случае в воздушные шарики или презервативы заливается кислота. Принцип действия этого устройства состоит в том, что кислота разъедает мембрану (тонкую резину) через определенный промежуток времени. Аналогичный принцип реализуется в случае, когда на стеклянную или пластиковую бутылку с кислотой надевают пластиковую перчатку.

Использование презерватива позволяет отсрочить загорание на 15-20 минут, а пластиковой перчатки обычно от 30 до 40 минут [20].

В случаях подобных поджогов, кроме поисков остатков горючей жидкости, имеет смысл иметь в виду возможность обнаружения, в частности, толстых колечек от упомянутых резинотехнических изделий. Как это ни странно, в относительно «холодных» зонах, на полу, их находили в достаточно жестких условиях пожара, что свидетельствует о реальной возможности сохранения таких остатков простейших поджигательных устройств.

Огнепроводные шнуры (фитили)

Огнепроводный шнур может применяться при поджогах как средство замедленного действия (как фитиль), как устройство, соединяющее несколько очагов пожара или как средство перемещения пламени в отдаленные места. Есть два основных типа шнуров: **пиротехнический**, который представляет собой «нитку» из воспламеняемого порошка, обвитую вокруг шнура из бечевки и так называемый «**безопасный**», в котором «нитка» дымного пороха находится внутри упаковки из бечевки и залита (покрыта) смолой, либо в трубке из водостойкой пластмассы.

Пиротехнический шнур горит открытым пламенем на всем своем протяжении и обугливает и даже зажигает все горючие материалы, с которыми он находится в контакте. «Безопасный» шнур горит открытым пламенем только на концах. Хотя смоляное покрытие будет плавиться и тлеть, оболочка останется на месте и повреждения соседним предметам будут минимальны.

Судя по [2], в западных странах пиротехнический шнур, также называемый «хобби-шнуром» или «ракетным шнуром», легко можно купить в магазинах, в то время, как безопасный шнур почти

всегда продается только организациям, занимающимся взрывными работами. Существует также так называемый **«воспламенительный»** шнур, у которого сердцевина содержит пиротехнический порошок в оболочке из проволоки. «Воспламенительный» шнур используется только при специальных взрывных работах, при которых нужна большая скорость и высокая температура горения.

Пиротехнические шнуры имеют разные скорости горения, от 1 см/с до 3 см/с. Безопасные шнуры горят со скоростью от 0,75 до 1 см/с [2],

Иногда, вместо обычных пиротехнических шнуров, поджигатели используют *шнур от игрушечной ракеты*. Обычно этот шнур имеет темно-зеленый цвет и упакован в пластиковую или целлофановую обертку. Один метр этого шнура горит от 100 до 150 секунд.

При горении пиротехнического шнура на покрытии пола, лестничных маршей, на горячих предметах может остаться **«трейлер»** (см. выше раздел 14.4).

От «воспламенительного» шнура остается спираль из проволоки.

Самодельные шнуры. Иногда поджигатели изготавливают огнепроводные шнуры самостоятельно. Наиболее распространенные самодельные шнуры – это веревки (бечевки), пропитанные горючей жидкостью или раствором сильного окислителя.

В последнем случае используют, например, нитрат натрия или калия, а также бечевку или тонкую веревку, сделанную из хлопка, льна, джута, конопли или других растительных волокон.

Свечи

Свечи часто используются как зажигательное устройство замедленного действия.

Зажигательные устройства, сочетающие свечи и контейнеры из тонкой резины, описаны выше.

Из практики расследования отечественных пожаров известны случаи, когда массовые поджоги совершались с помощью бутылки с бензином, в которую в качестве пробки была вставлена горящая свеча. Свеча прогорала через определенное время, бензин выливался наружу и загорался.

Еще одно устройство описывается в литературе следующим образом:

«...Сначала разливается топливо, имеющее низкую летучесть, такое как топочный мазут или керосин.

В маленький контейнер помещается свеча таким образом, чтобы она не упала. После того, как свеча надежно закреплена, вокруг нее и напротив нее размещается ветошь при помощи «дорожек», отходящих от контейнера на расстояние в несколько дюймов. Эти «дорожки» также намочены в горючей жидкости и лежат поверх смоченного горючей жидкостью пола. (Свечу можно насадить на гвоздь).

Нельзя использовать жидкости с высокой степенью летучести, такие как бензин, так как его пары могут воспламениться раньше расчетного времени» [20].

Но иногда поджигатель не мудрствует, а просто ставит и зажигает свечку, обложив ее ватой, бумагой и другими легкогорючими материалами.

Свечи обычно не применяются в ситуациях, когда задержка зажигания должна быть менее одного часа. В общем, свечи применяют, когда задержка зажигания должна составлять от одного до восьми часов. Время задержки зажигания зависит от размера и вида свечи.

Свеча – не очень надежное зажигательное устройство. Она может упасть и погаснуть, ее может задуть сквозняком. Поэтому на месте пожара могут быть обнаружены «несработавшие» по причине затухания свечи устройства. Поджигатели для надежности иногда устанавливают на месте поджога несколько таких устройств и были случаи, когда на месте пожара находили потухшие, обложенные горючими материалами свечи (см. выше).

На месте пожара могут быть обнаружены и остатки расплавленного парафина или воска. В 90-х годах прошлого века были публикации [62], свидетельствующие о возможности сохранения тяжелых парафиновых углеводородов даже на обугленной древесине, чего не бывает с более легкими, светлыми нефтепродуктами.

Более подробно о свече как источнике зажигания и экспертном исследовании ее остатков – см. выше, главу 4 книги 1.

Тлеющие табачные изделия

Обычные тлеющие материалы и изделия (матрасы, кучи опилок и др.) редко используются в качестве источника зажигания при поджогах. Главная функция зажигательных устройств замедленного действия – «отсрочка» возникновения пожара для того, чтобы у поджигателя было время убежать или обеспечить себе алиби. Но тлеющий предмет или материал может ведь и погаснуть, а густой дым, выделяющийся при такого рода тлении, увеличивает шансы обнаружения загорания, прежде, чем начнется «настоящий» пожар.

Хотя из литературы известно, что иногда медленно горящие материалы, такие, как рогоз, ладан или гнилое дерево, связанные вместе со спичками, использовались в устройствах замедленного действия. В свою очередь, спички должны были зажигать черный порох или пиротехническое зажигательное устройство [2],

Тлеющие табачные изделия в качестве источника зажигания при поджогах используются редко. По причине непредсказуемости результатов – ведь тление твердых горючих материалов, даже и возникшее при контакте с сигаретой, вполне может не развиваться. Если тлеющие сигареты пытаются использовать для зажигания жидкостей, такие попытки почти всегда оканчиваются неудачей.

Но, хотя сама по себе сигарета и ненадежный источник зажигания, существуют и применяются способы объединения ее с другими источниками зажигания. Обычно сигарета применяется в комбинации со спичками.

Описывается, например, способ поджога, когда используются мало применяемые в России бумажные спички. Зажженная сигарета помещается между двумя слоями бумажных спичек в спичечной «книжке», и когда она догорает до головок, спички зажигаются и вся пачка вспыхивает.

Другой способ заключается в том, чтобы привязать несколько спичек вокруг внешней стороны сигареты, которые должны зажечься, когда до них дойдет фронт тления. Спичечные головки должны располагаться таким образом, чтобы они могли сразу зажечь легковоспламеняемое вещество.

Еще один способ заключается в том, что сигарета вставляется в спичечную коробку.

В зависимости от того, насколько далеко конец сигареты от спичечных головок, время задержки зажигания составляет от трех до двадцати минут.

В литературе указывается, что такие устройства часто не сгорают полностью (особенно спички) и их остатки можно найти при тщательном обследовании очага пожара (рис.14.21) [2].

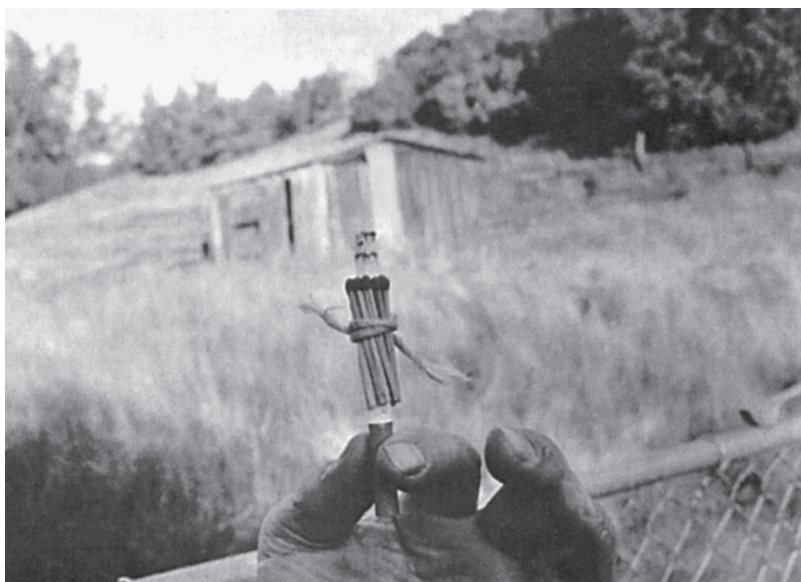


Рис.14.21. Пример использования спичек в комбинации с сигаретой в качестве устройства поджога [2]

«...Большие количества несгоревших спичек и концы сигарет вместе со спичечными палочками или внутри спичечных коробков, – доказательства применения данного способа» [20].

Указывается также, что «...хотя они редко сгорают полностью, они обычно настолько обуглены, что анализ отпечатков пальцев, анализ слюны и сравнение физических характеристик провести невозможно» [2]. Конечно, найти на поджигательном устройстве еще и отпечатки пальцев – это вообще запредельная мечта любого криминалиста. Но даже просто обнаружение остатков такого устройства – безусловно, крайне важно для расследования пожара и решения задачи, рассматриваемой в данной книге – установлении причины пожара.

Обнаружить отпечатки пальцев можно на закопченных корпусах зажигалок (бензиновых или газовых), которые могут быть использованы злоумышленниками в качестве поджигательного устройства (рис.14.22).

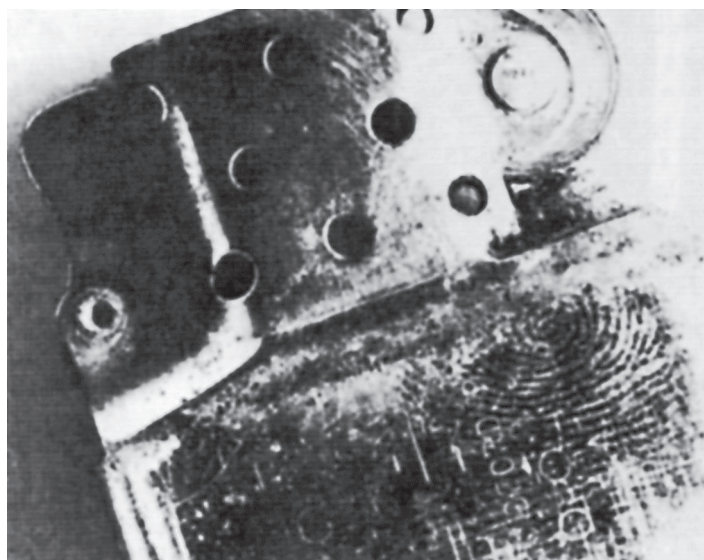


Рис.14.22. Следы отпечатков пальцев на закопченном корпусе зажигалки [2]

Проволочные нагревательные элементы

Для поджогов могут использоваться нагревательные элементы из нихромовой и иной проволоки, ТЭНы и другие элементы, используемые преимущественно в электронагревательных приборах.

Об использовании самих нагревательных приборов речь пойдет ниже, в разделе 14.12, здесь же остановимся на устройствах поджога, отдельно использующих подобные нагревательные элементы.

При помощи подобных устройств можно устроить пожар от любой электрической цепи, замыкание которой может производиться таймером, по радио или даже рядом стоящим человеком помимо его желания. Могут использоваться элементы от электрообогревателя, тостера, и даже электрической лампочки. Чаще применяется нагревательный элемент, который включается в сеть при помощи таймера. Нагреватель упаковывается в бумагу или ткань, которые затем загораются. К этому топливу часто добавляется бензин в пластиковых мешочках или в бутылках, поставленных на ткань или бумагу [2].

Рассмотрим несколько таких устройств.

Устройства на основе батарейки, телефона и спичек. Считается, что это одно из простых устройств. Однако у данного устройства есть недостаток – время задержки невозможно контролировать. Цепь состоит из одной новой батареи элементов «D», проволоки от катушки телефонного звонка и спички или другого устройства, дающего открытое пламя. Дополнительным компонентом является горючая жидкость. Указывается, что зажигание обычно происходит через 30-60 секунд, если между спичкой и батарейкой не поставлено приспособление, замедляющее зажигание [20].

Нихромовая проволока и контейнер из-под молока и др. продуктов. Главной частью этого устройства являются нихромовая проволока от тостера, электронагревателя и т. п. Другой частью является герметически закрывающийся пластиковый контейнер (бутылка и др.) из-под молока, кефира и т.п., наполненный горючей жидкостью.

Проволоку обматывают вокруг контейнера. Для наполнения контейнера используют одну жидкость или смесь жидкостей, например, смесь бензина со скипидаром, керосином и т.п. Концы проволоки присоединяют к включающейся в сеть электрической вилке или к своим «родным» болтам и гайкам нагревателя или плитки. В цепь может быть включен таймер. При нагревании проволока плавит пластик контейнера и затем раскалённая проволока зажигает горючую жидкость.

Зажигательные устройства игрушечных ракет. Эти устройства можно купить в большей части игрушечных магазинов на Западе, надо полагать, продаются они и в России. Обычно внутри устройства находится нихромовая проволока, подобная той, которая применяется в тостерах и других нагревательных приборах. По внешнему виду устройство напоминает спичку.

После зажигания и выгорания внешнего покрытия, нихромовая проволока продолжает накаляться до тех пор, пока не прекратится действие тока или пока не перегорит проволока.

Зажигание устройств такого типа обычно производится от четырех элементов АА (шесть вольт постоянного тока), двух элементов «С» или одной щелочной батареи «D». Используют также 6 или 12 В батареи для фонарей или автомобильные. Вообще можно использовать любые источники постоянного тока напряжением в 6 или 12 В, дающие ток порядка 2 А [20].

Из приведенных выше описаний должно быть понятно, какие фрагменты указанных зажигательных устройств могут быть найдены на месте пожара. Все они важны для доказательства факта поджога, но здесь остановимся только на одном из них – предполагаемом проволочном нагревательном элементе. Обнаруженная проволока может иметь специфическую конфигурацию, т.к. накручивалась в виде витков. Из какого металла сделана проволока, можно определить элементным анализом (см. раздел 14.9, [18]) и если она действительно нихромовая и находится вне электроприбора – это подозрительно.

Какая это проволока, можно определить и по электросопротивлению проволоки (табл. 14.4).

Таблица 14.4.

Удельные электросопротивления металлов и сплавов при 20 °С [63]

Материал	Уд. сопр. 10^{-8} Ом*м	Материал	Уд. сопр. 10^{-8} Ом*м
алюминий (99,996%)	2,65	нихром (80% Ni, 20% Cu)	108
латунь	6,2	манганин (87% Cu, 13% Mn)	48,2
фосфорная бронза, 3% P	8,6	константан (55% Cu 45% Ni)	49,9
медь, проволока, 1% Cd	2,2	сталь углеродистая, 0,65%C	18
вольфрам	5,65	сталь легированная, 17% Co	28

Устройства, изготовленные из лампы накаливания

Подобные устройства срабатывают, инициируя пожар, когда включается цепь лампы освещения.

В основании лампы сверлят отверстие диаметром до 3 мм, через которое при помощи пипетки закапывают несколько капель бензина. Затем отверстие закрывают изолентой или скотчем. При включении цепи, имеющей в своем составе такую «лампу-взрывное устройство», происходит взрыв [20].

В литературе упоминается еще одно подобное устройство: в основании электрической лампочки высверливалось отверстие, лампочка частично наполнялась черным порошком или зажигательной смесью и вкручивалась обратно. Во время включения нагревательная нить зажигала порошок, лампочка от нагревания взрывалась, горящий порошок падал на топливо, находящееся внизу [2].

Как отличить такую взорвавшуюся лампочку от обычной аварийной?

Нужно сказать, что лампы накаливания достаточно часто перегорают с хлопком, но никогда – со взрывом, сопровождающимся мгновенным инициированием горения окружающих предметов. Разницу между хлопком и взрывом даже самые напуганные свидетели смогут различить, если их профессионально и грамотно опросить.

Аварийные режимы (некриминального характера) в лампах накаливания могут приводить к пожару (см. главу 8 книги 1). Но у них все-таки не такая динамика на начальной стадии. Кроме того, формируются признаки аварийного режима в самой лампе. Так, при КЗ между никелевыми электродами, сопровождающимся разлетом горячих частиц никеля, электроды в лампе полностью сгорают, появляется напыление никеля на стеклянных элементах колбы лампы, что обнаруживается по методике, упоминаемой в главе 8.

Если же при осмотре остатков лампы оказывается, что никелевые электроды, сохранились, никеля, напыленного на внутреннюю поверхность колбы, не обнаружено, то это наводит на определенные мысли.

Дополнительная информация может быть получена осмотром цоколя – наличие просверленного отверстия в нем невозможно не заметить.

Электрические лампочки, наполненные бензином, использовались и при поджогах автомобилей. Такое неоднократно происходило, например, в Москве. В этом случае обнаружение на месте поджога автомобиля, кроме остатков ЛВЖ и следов её горения ещё и остатков лампочки накаливания, является дополнительным аргументом в пользу версии поджога.

Остатки радиоуправляемых и программируемых игрушек

В 2008 году гражданин США Кристофер Пол был осужден пожизненно за подготовку терактов в Европе с использованием радиоуправляемых моделей вертолетов и кораблей.

Осенью 2011 года прокуратура Бостона (США) сообщила об аресте американского гражданина Резвана Фердауса. 26 летний физик планировал взорвать Пентагон и конгресс США с помощью небольших радиоуправляемых самолетов, в рамках «личного джихада», как он пояснил сотрудникам ФБР. Принимая агентов за соратников по джихаду, физик передал им восемь мобильных телефонов, переделанных под дистанционные пульты управления к самодельным взрывным устройствам, а в обмен заказал радиоуправляемые модели самолетов и взрывчатку, после чего был арестован.

Очевидно, что указанными способами могут совершаться не только диверсии и взрывы, но и поджоги. Для этого достаточно использовать, после небольшой модернизации или даже без таковой, современные чипованные «умные» игрушки – самолеты, автомобили, катера и другие передвигающиеся модели.

Радиоуправляемые и программируемые игрушки, особенно их дорогие модели, способны передвигаться на сотни метров, а то и несколько километров. Самолеты, вертолеты могут быть направлены в окно, открытую форточку здания, на территорию какого-либо склада или базы. Модели самолетов и автомобилей с бензиновым двигателем сами по себе представляют неплохую комбинацию источника зажигания и топлива, при этом они могут быть дозагружены ЛВЖ или пиротехническим зарядом.

Возможность совершения поджога с помощью такого рода «детских игрушек» необходимо учитывать при осмотре места пожара. Игрушечный самолет или автомобиль после совершения «последнего рейса», скорее всего, до конца не сгорит, останется обугленный пластмассовый агрегат с включением отдельных мелких металлических деталей. Необходимо изъять этот объект непонятного происхождения и назначения для исследования в лаборатории. Место, где он обнаружен, исследуется на предмет обнаружения остатков ЛВЖ и зажигательных составов (см. разделы 14.7–14.9).

Сам объект в лаборатории исследуется методом рентгеновской интроскопии для выяснения его внутреннего содержания, а также, как и место обнаружения, на предмет выявления остатков интроскопических горения.

14.11. Электронные устройства для поджогов

В связи с бурным развитием в последнее время электроники и электронных устройств различного назначения у поджигателей появилась широкая возможность использовать их для целей поджога.

Главной особенностью электронных устройств является то, что они позволяют поджигателю исполнить свой замысел на расстоянии и с задержкой по времени, которая может варьироваться от секунд до дней, тем самым, давая возможность обеспечить ему алиби. Кроме этого, при определенных условиях их применения, данные устройства могут быть использованы также для того, чтобы «виновником» пожара стала «жертва», выбранная поджигателем.

Другой важной особенностью использования электронных устройств, при условии насыщенности в настоящее время многих сфер деятельности человека различными электронными изделиями, является трудность их обнаружения. Далеко не все пожарные дознаватели и сотрудники правоохранительных органов обладают знаниями в области электротехники, автоматики и электроники, чтобы на месте пожара не только найти остатки электронных устройств, но и идентифицировать их, как устройства, используемые для целей поджога.

В общем случае на месте пожара, наиболее вероятно, могут быть обнаружены компоненты электронных устройств, такие, как электро- и радиоэлементы или их остатки, а именно: катушки, элементы магнитопровода и контактные группы реле, герконы, резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы и т.п., а также металлические фрагменты источников питания постоянного тока (батареи и аккумуляторы). Если для монтажа элементов используются печатные платы, то в зависимости от материала платы (стеклотекстолит, гетинакс) они могут сохраниться, а могут и не сохраниться. Если используется дистанционное управление электронным устройством, то на месте пожара могут быть обнаружены фрагменты проводников, ведущие к данному устройству.

Рассмотрим примеры использования различных электронных устройств для целей поджога, воспользовавшись при этом информацией, содержащейся в [20] и других источниках.

Устройства на основе таймеров (реле времени)

Наиболее распространенным видом электронных устройств, используемых для поджога, являются электронные таймеры, которые широко используются в современной бытовой технике – аудио-видеоаппаратуре, стиральных и посудомоечных машинах, аэрогрилях, внутренних блоках кондиционеров сплит-систем и т.п. Самым простым и наиболее часто используемым устройством такого типа являются электронные будильники, в которых вместо обмотки звонка можно очень легко включить катушку исполнительного реле. Контакты исполнительного реле могут подать от дополнительного источника питания (аккумулятора или гальванического элемента) напряжение на нагревательную спираль (нихромовую проволочку), в которую может быть вставлена одна или несколько спичек или на электровоспламенитель пиротехнических изделий, тем самым привести в действие устройство для поджога.

Использование электронных таймеров для различных террористических и диверсионных целей часто показывается в фильмах и сериалах определенной направленности.

Принцип действия электронных устройств может быть основан на различных физических явлениях – оптических, акустических, изменения влажности или электросопротивления контактов чувствительных элементов, разности линейного расширения металлов и т.д. и т.п.

Устройства на основе фотоприемников (фотореле)

К электронным устройствам оптического типа относятся так называемые фотореле, в которых в качестве фотоприемников могут использоваться фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и фототиристоры. Под воздействием светового потока (солнечного света, ламп освещения и других источников света) происходит либо изменение сопротивления (в случае фоторезистора), либо изменение электронной проводимости (в случае полупроводниковых приборов), которое непосредственно или с использованием усилительных схем приводит к уменьшению или увеличению тока в обмотке исполнительного реле, его срабатыванию и, соответственно, запуску

инициирующего воспламеняющего устройства. Фотореле по своему схемотехническому исполнению могут работать с источниками питания как постоянного, так и переменного тока.

В качестве исполнительного реле в электронных устройствах могут быть использованы как электромеханические реле, так и электронные, а именно, транзисторы в ключевом режиме, тиристоры, тринисторы и другие полупроводниковые переключающие приборы.

Например, фотореле, как устройство для поджога, в простейшем случае может быть замаскировано под электрический фонарик с круглыми батарейками. В пластмассовый корпус фонарика вставляются три батарейки или аккумулятора по 1,5 В для запуска инициирующего элемента и 9 В батарейка типа «Кроны» для питания схемы фотореле. Фоторезистор или другой фотоприемник вместе с платой фотореле устанавливается вместо лампочки в корпусе отражателя. Если положить данное устройство в таком месте, где имеется солнечный свет или искусственное освещение, то при попадании светового потока на фотоприемник в определенный момент времени произойдет срабатывание фотореле и, соответственно, запуск инициирующего устройства. Так как корпус фонарика пластмассовый, посторонние предметы, находящиеся в нем будут уничтожены или расплавлены до такого состояния, что на месте пожара их будет сложно отличить от самого фонарика.

Устройства на основе акустических приемников (акустические реле)

К электронным устройствам акустического типа относятся так называемые акустические реле, в которых в качестве приемников акустического излучения, как правило, звукового диапазона, используются различного вида микрофоны. Также в качестве приемника звуковых колебаний могут быть использованы малогабаритные динамики.

Приведение в действие таких устройств может осуществляться голосом, хлопками, звонком телефонного аппарата или другими источниками шума.

Положив устройство данного типа около телефонного аппарата или мобильного телефона, поджигатель может позвонить по известному ему номеру и привести в действие акустическое реле. Того же эффекта можно добиться, расположив акустическое реле около радиоприемника или телевизора, включение которых может быть осуществлено от таймера в определенное время.

Устройства на основе датчиков влажности

В электронных устройствах на изменение влажности используются датчики влажности различного типа, замыкающие электрическую цепь, которая в свою очередь приводит к срабатыванию реле или другого устройства.

В качестве примитивного датчика влажности может быть использована пластинка из изоляционного материала, с нанесенными на ее поверхность двумя металлическими полосками, которая помещается в емкость с подсоленной водой. Металлические полоски соединяются с электронной схемой. При наличии в емкости водного раствора соли, между полосками протекает ток и происходит срабатывание исполнительного реле, к нормально замкнутому контакту которого подключается инициирующее устройство. Если поместить емкость с водой недалеко от нагревательного прибора (радиатора отопления), то через определенный промежуток времени вода испарится, и сопротивление между металлическими полосками резко возрастет, что приведет к «отпусанию» исполнительного реле и, соответственно, к запуску инициирующего устройства.

Устройства на основе сенсорных датчиков

При использовании устройств с сенсорным запуском намеченная поджигателем «жертва» может сама нечаянно запустить инициирующее устройство. Принцип действия таких устройств состоит в том, что они обладают большим входным сопротивлением и прикосновение к сенсорному датчику человеческого пальца с малым сопротивлением приводит к их срабатыванию. При срабатывании сенсорного переключателя его исполнительный орган включает соответствующий узел прибора или оборудования, а может включить и инициирующее устройство.

Поскольку в настоящее время многие бытовые приборы и различное оборудование управляются сенсорными переключателями, то схемы таких устройств могут быть самыми разнообразными.

Устройства на основе биметаллов

В данном простом, но эффективном устройстве используются металлы, имеющие разные коэффициенты линейного расширения. При нагреве или охлаждении пластины, выполненной из таких металлов (биметаллической пластины), происходит ее изгиб и, соответственно, замыкание или размыкание контактов электрической цепи.

Самыми распространенными примерами применения этого принципа являются устройства контроля температуры в духовках газовых плит, кофемашинках, утюгах, масляных радиаторах, нагревателях воды, автоматических выключателях, реагирующих на перегрузку и прочих подобных приборах и устройствах.

Контакты биметаллического устройства могут быть использованы напрямую без промежуточного реле для запуска инициирующего устройства.

Устройства на основе охранной сигнализации

Системы охранной сигнализации, как правило, состоят из трех основных составных частей: датчика, реагирующего на факт проникновения, устройства обработки сигнала от датчика и выдачи сигнала тревоги, устройства тревожной сигнализации (световой и звуковой).

При имитации злоумышленником попытки проникновения на защищаемый объект происходит срабатывание охранной системы и включение звуковой и световой тревожной сигнализации, которая при использовании ранее описанных фото или акустических реле может запустить инициирующее устройство. Также для запуска инициирующего устройства могут быть использованы и контакты реле, входящего в состав устройства обработки сигналов, предназначенные для включения внешних устройств тревожной сигнализации.

Использование во многих системах охранной сигнализации автономных источников питания (аккумуляторов большой емкости) дает возможность поджигателю применить их также и для инициирования зажигательных устройств.

В настоящее время имеется много разновидностей схем систем охранной сигнализации, от совершенно простых до очень сложных, поэтому варианты их использования для целей поджога могут быть весьма разнообразными.

Устройства, приводимые в действие с помощью радиосигналов

Приведение в действие зажигательных (инициирующих устройств может осуществляться с помощью двухсторонней радиосвязи. Наиболее доступными и, возможно, наиболее дешевыми являются переносные радиостанции (приемопередатчики), работающие в диапазоне, отведенном для персональной и служебной радиосвязи. Однако у них недостаточная мощность и недостаточная дальность действия, поэтому могут также быть использованы мобильные телефоны или радиоприемники, работающие в диапазоне 150–170 МГц.

Для такого способа приведения в действие зажигательного устройства необходимы приемные и передающие устройства или две приемопередающие радиостанции. Приемное устройство размещается на месте пожара, а передающее устройство находится у поджигателя. При получении сигнала приемник инициирует зажигательное устройство. Для того чтобы устранить влияние посторонних сигналов на запуск зажигательного устройства используют кодирование (модулирование) радиосигнала по низкой частоте.

Возможно использование также, нашедших в последнее время широкое распространение, радиоуправляемых игрушек (моделей), для управления которыми используются радиосигналы с различными видами кодирования и со значительной дальностью действия.

Различные варианты электронных зажигательных устройств перечислена выше с единственной целью – сформировать у пожарных дознавателей и пожарно-технических экспертов представление о том, остатки каких самых различных устройств и их фрагментов, обнаруженные в очаговой зоне, подозрительны и должны изыматься для лабораторных исследований с целью установления их назначения и выявления факта возможного поджога.

То же относится к обстоятельствам возникновения пожара. Как видим, это необязательно присутствие на месте пожара поджигателя со спичками непосредственно в момент его возникновения. Горение может возникнуть в момент телефонного звонка, включения того или иного прибора и т. д. И это может быть вовсе не техногенная причина, а искусственное инициирование горения.

14.12. Имитация техногенной причины пожара

- КЗ, утечка тока
- Имитация утечки природного газа
- Использование печей
- Использование нагревательных устройств на жидком топливе
- Холодильники
- Телевизоры и компьютерные мониторы
- Бытовые электронагревательные приборы
- Электрические предохранители
- Имитация самовозгорания

В данном случае речь идет о поджогах, замаскированных под случайно возникший, тот или иной аварийный режим в технических устройствах, приборах и оборудовании. Такие поджоги относятся к наиболее трудно раскрываемым и, требующим от эксперта особой внимательности и, соответственно, квалификации.

Поджигатели весьма изобретательны, поэтому дать исчерпывающее описание возможных способов такого рода поджогов невозможно. Ниже рассмотрены некоторые из подобных способов, естественно, без конкретных деталей, в пределах общих представлений, необходимых для их выявления. Часть сведений по данному вопросу почерпнуты авторами из зарубежных публикаций [20] и дополнены более скромным (к счастью) отечественным опытом.

Считается, что чаще всего поджигатели имитируют электрические аварийные режимы – это проще и надежнее – такие процессы, как КЗ, обладают высокой энергетикой и приводят к пожару с большей вероятностью (надежностью, с точки зрения поджигателя), чем другие. Хотя, имитируются и другие режимы, связанные с бытовой техникой, топливным и технологическим оборудованием, самовозгоранием и т.д.

Нужно отметить, что именно нагревательные приборы, различные приборы для приготовления пищи и холодильная техника представляют собой наиболее доступные зажигательные устройства, имеющиеся почти в каждом доме. В одной установке имеется, по сути, комбинация источника зажигания, горючего и возможность задержки зажигания с помощью имеющихся терморегуляторов и реле. Если их соответствующим образом перерегулировать, будет создаваться видимость того, что пожар произошел случайно, из-за неисправности этих устройств.

КЗ, утечка тока

Возможности создания КЗ между разнополюсными проводниками, фазой-фазой, нулем-фазой или утечки тока, которая перейдет в КЗ, очень широки, если поджигатель имеет элементарные навыки в электротехнике.

Одному из авторов этой книги пришлось участвовать в экспертных исследованиях по пожару, произошедшему в отделе кадров одного из университетов Санкт-Петербурга. Пришедшие на работу сотрудники обнаружили в комнате горящий письменный стол и рядом стоящий шкаф. Над столом, в пределах очаговой зоны, находилась электророзетка. Её исследование показало наличие между контактами, к которым подходили провода, остатков перегоревшей перемычки из меди или латуни. Кстати, крышка на розетке отсутствовала, но поначалу решили, что она просто сгорела. После обнаружения остатков «нештатной» перемычки стало ясно, что имел место поджог, замаскированный под техническую причину. Вероятно, пока ночью электропитание на центральном щите было отключено, кто-то установил перемычку, закоротив тем самым контакты розетки. Когда рано утром щит включили, розетка оказалась под напряжением, произошло КЗ, от дуги и искр загорелись разложенные на столе бумаги, а возможно и специально подложенная под розетку дополнительная пожарная нагрузка.

Между электрическими контактами, проводами и другими элементами электросети поджигатели могут устраивать электропроводные мостики, например, графитовые дорожки. Загорание в этом случае происходит не сразу, т.к. имеет место так называемое «неметаллическое» КЗ. Графитовая дорожка разогревается под проходящим по ней током утечки, через некоторое время под ней загорается изоляция, другие горючие материалы, горит и сам «мостик».

Признаком протекания подобного режима может быть «минитрейлер» на поверхности, где была дорожка. Правда, шансов на ее обнаружение немного, поскольку деталь может сгореть при пожаре.

Встречаются такие хитроумные устройства, в которых используется дуга, возникающая при включении электрического освещения или запуске мотора. Могут устроить короткое замыкание между двумя проводами многопроводного шнура даже просто воткнув в изоляцию провода металлическую скрепку [2].

В материалах экспертов СЭУ ФПС по Тверской области [65] приводится пример пожара в подъезде жилого дома.

Злоумышленники пытались имитировать аварийный режим работы электрооборудования в электрощитах, расположенных на 1-ом и 2-ом этажах. На первом этаже пожар возник, в результате были повреждены электроустановочные изделия и кабели в электрощите, подвесной потолок в подвале. В электрощите же второго этажа было обнаружено второе несработавшее устройство для поджога (рис. 14.23). Оно представляло собой два истлевших окурка, помещенных в наполненный спичками коробок. Провода в электрощите были обмотаны туалетной бумагой, которая должна загореться от вспыхнувшего коробка. В щите находилась также пластиковая бутылка с ЛВЖ. Для выхода паров ЛВЖ в горловине бутылки были проделаны множественные сквозные отверстия.

Электрощиты на поэтажных площадках жилых домов достаточно распространенное и удобное место для поджогов, имитирующих техногенную причину. Доступ к ним относительно свободен, а возникшее горение всегда можно объяснить коротким замыканием или иным электрическим аварийным режимом.

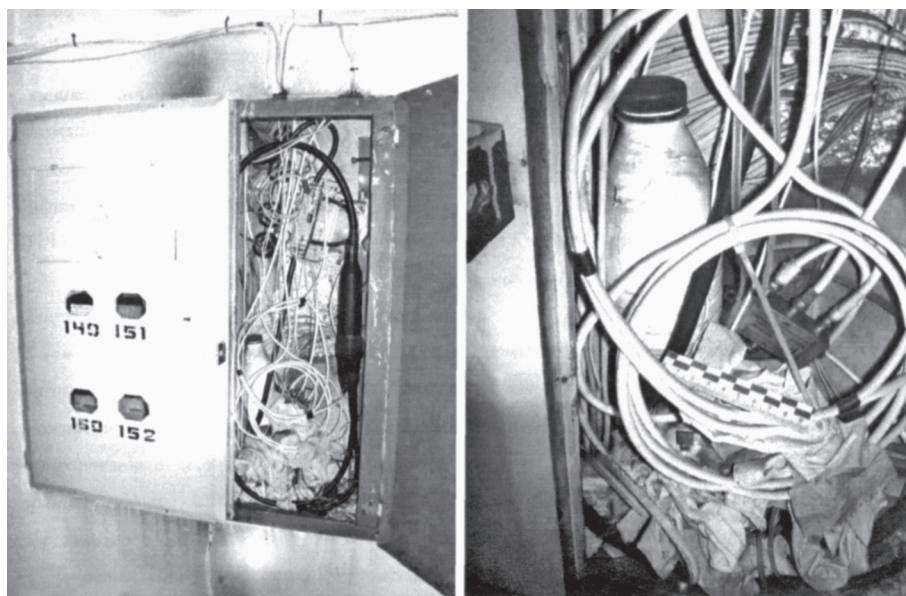


Рис. 14.23. Устройство для поджога в электрощите жилого дома

Имитация утечки природного газа

В [20] описываются различные варианты, с помощью которых злоумышленники осуществляют поджоги, устраивая утечки природного газа в домах и квартирах, где имеются газовые водонагреватели и газовые плиты. Не вдаваясь в детали, отметим основное.

Злоумышленники частично отсоединяют (развинчивают или отрезают) трубу подачи газа к одному из газовых приборов, обеспечивая его утечку. Вспышка происходит при накоплении соответствующей концентрации газа в помещении, источником зажигания при этом служит пилотный огонь (горящий запальник) водонагревателя, зажженный огонь конфорки газовой плиты и др.

Чтобы газ не улетучивался, злоумышленники блокируют любую возможную тягу в воздуховодах (закрывают вентканалы), плотно закрывают окна, двери. Кстати, после пожара факт перекрытия вентканалов может быть установлен при внимательном осмотре места пожара.

Необходимо также тщательно обследовать все трубы подачи газа. Если резьба не сорвана, а соединение просто развинчено, или если есть следы режущих инструментов на трубах подачи газа, это свидетельствует о том, что пожар не был случайным.

Иногда на линии подачи газа к водонагревателю или другому газовому прибору имеются участки гибких труб. Это могут быть медные (латунные) трубки или так называемые «гибкие подводы» – резиновые трубки с металлической оплеткой. Если согнуть эту гибкую трубку несколько раз, может появиться трещина. Иногда эту «трещину» поджигатели получают искусственно, сделав пропилов пилой, а затем сгибая трубку. Когда отверстие сделано, вытекающий газ поджигают. В [20] отмечают, что во время испытаний газовых труб внутри дома при нормальном давлении, при утечке газа из «трещины» 6 мм длиной, форс пламени имел длину примерно 20 см. Если гибкая трубка находится рядом с горючими материалами, очевидно, что их зажигание обеспечено. Но иногда поджигатели не удовлетворяются этим и предварительно вносят в зону зажигания дополнительные горючие вещества. Например, покрывают это место маслом, а затем поверх наливают ещё и горючую жидкость [20].

Еще легче поджигателю надрезать в нескольких местах гибкую подводку. В этом случае при осмотре ее после пожара могут быть отмечены зоны локального разрушения и выгорания внутреннего резинового шланга, появляющиеся за счет выхода и горения газа, а также следы локального отжига металлической оплетки.

На жестких трубах и трубках возле пропилов, трещин, прочих негерметичностей часто наблюдается отложение копоти, указывающее на то, что в этом месте происходил выход и горение газа.

Использование печей

Это очень примитивный способ поджога. Использоваться может любая печь – дровяная (на твердом топливе), обычная электрическая печь или духовка и даже микроволновая печь.

В печь помещают плотно закрытую банку с растворителем лаков и красок, скипидаром, бензином, другой горючей жидкостью. Дверцу оставляют частично открытой, переключатель нагревания ставится на максимум. Жидкость в банке расширяется благодаря нагреванию, увеличивается давление паров, банка взрывается, происходит зажигание паровоздушной смеси от нагревательных элементов внутри печи.

Исследование после пожара спиралей и горелок, а также предохранительных устройств должно выявить отсутствие неисправностей и должно показать отсутствие повреждений, кроме повреждений, вызванных нагреванием и взрывом банки [20].

Очевидно также, что в качестве улики в данном случае в печи, скорее всего, обнаружатся остатки банки, если она металлическая или стеклянная. Но даже если она и пластиковая, имеет смысл поискать ее остатки – может сохраниться недогоревший оплавленный и обугленный агломерат.

Использование нагревательных устройств на жидком топливе

Судя по литературным данным, подобные устройства (котлы на жидком топливе) за рубежом достаточно часто используются для поджогов, совершаемых с целью получения страховки. Как правило, первой в этом случае возникает версия о технической неисправности данного устройства и редко о том, что эта неисправность «рукотворная».

Имитация аварийного режима возможна, например, следующим образом [20]:

«...Переключатель термостата принудительно фиксируется в одном положении при помощи нитки с петлей на конце. Ставится перемычка для того, чтобы выключить термореле, ограничивающее рост температуры в печи. Включенный после подобных манипуляций котёл продолжает работать, не выключаясь, и через несколько часов (время задержки зажигания) раскалится докрасна. Если рядом находится достаточное количество горючих материалов (случайно или не случайно), они загорятся. Работающий вентилятор в буквальном смысле слова «погонит огонь», помогая распространению пожара.

Рядом с топкой могут находиться деревянные предметы, горючие вещества, разлитые или разбросанные на полу, пластмассовые контейнеры с горючими веществами, стоящие на печке или разлитое топливо (см. ниже).

...Если огонь достигнет термостата, нитка сгорит. Но термостат все равно будет находиться в верхнем положении, если только поджигатель не сообщит, что положение термостата должно быть изменено».

Поджог может быть устроен и путем манипуляций с насосом, перекачивающим топливо. В [20] отмечается, что иногда, путем вывинчивания некоторых датчиков и других деталей, поджигатели добиваются того, что часть топлива проливается на пол. Когда выльется достаточное его количество, вынутые детали ставят на место. Затем топливо на полу зажигают. Единственным вещественным доказательством в этом случае могут быть только остатки топлива на полу, но их наличие не всегда есть признак поджога, поскольку может быть следствием обычной утечки.

В теплогенерирующей установке может быть две топливные линии: одна линия подачи топлива, а другая линия возврата. В двухступенчатой насосной системе обычно подается топлива больше, чем расходуется. И линия возврата нужна для удаления излишков топлива. В данном случае поджигатели используют избыточное топливо. Они отсоединяют линию возврата и топливо выливается на пол. В то же время какая-то его часть поступает в камеру сгорания и установка может продолжать работать.

Обычно линия возврата так и остается не подсоединенной, топливо продолжает выливаться на пол уже в ходе пожара, способствуя развитию горения. Но после пожара **наличие отсоединенной** (или частично развинченной, чтобы обеспечить утечку топлива) **линии** будет служить доказательством факта поджога.

Кстати, подобное рассоединение линии возврата топлива возможно и при поджоге автомобилей (см. главу 15).

Зажигание в случае описанного выше разлива топлива поджигатели осуществляют либо сами с помощью спичек, зажигалок и т.п., либо, если требуется задержка во времени, включают нагревание, поставив термостат в положение максимума. В дальнейшем такое положение термостата может также послужить доказательством факта поджога.

Существует еще несколько признаков подобного механизма поджога. На внешней и внутренней поверхностях корпуса топки образуются следы интенсивного нагревания (перегрева). Внутренняя изоляция, вероятней всего, будет уничтожена. Винтовое зубчатое колесо контроля максимальной температуры нагрева будет в верхнем положении, упираясь в ограничители [20].

Если линия возврата была рассоединена частично, настолько, чтобы обеспечить необходимую утечку топлива, то в месте разгерметизации могут образоваться характерные отложения копоти.

Возможно вмешательство поджигателя и в **приборы управления** теплогенерирующих установок. Так, например, могут быть одновременно заблокированы одно или несколько реле, что вызывает перегрев печи [20].

Холодильники

Любой холодильник наиболее распространенного – компрессорного типа имеет реле, которое обеспечивает периодическое включение мотора-компрессора. В книге 1 упоминались пожары, в которых происходила вспышка паров растворителя, выделяющегося из покрытого лаком пола, при этом источником зажигания, вероятней всего, было искрообразование в пускозащитном реле (ПЗР)

при включении мотора-компрессора. Поджигатель может создать такую ситуацию искусственно, разлив горючую жидкость под холодильником.

У холодильников новых моделей указанные выше реле, однако, не искрят так сильно, как реле старого образца, в которых используются соленоид и контакты с множеством точек соприкосновения. Но в принципе подобный механизм поджога возможен.

В [20] пишут, что для использования холодильника в качестве зажигательного устройства злоумышленники сначала измеряют время работы компрессора в режиме «включено» и «выключено», а также время между «выключено» и «включено». Когда это узнают, защитный корпус соленоида и контактов ПЗР убирают. Во время цикла «выключено» под холодильником разливают горючую жидкость (например, 60% бензина и 40% топливного мазута). Когда цикл заканчивается, искры от контактов прерывателя зажигают пары горючей жидкости.

Иногда сверху холодильника ставят банку с горючей смесью. В дне банки делается маленькое отверстие, через которое смесь вытекает и попадает на заднюю стенку холодильника. По электрическому шнуру жидкость стекает на катушку и контакты ПЗР. При зажигании паров пламя поднимается вертикально вверх, затем достигает банки, после чего загораются шкафы, стены и потолок, находящиеся в непосредственной близости от холодильника [20].

При обследовании после пожара можно обнаружить, что пускозащитное реле не имеет защитного кожуха. Могут быть следы локального огневого воздействия в нижней части холодильника. А при последнем описанном сценарии на задней стенке холодильника может сохраниться своеобразный вертикальный «трейлер», указывающий на путь распространения горения.

Возможно также обнаружение остатков жидкости описанными выше методами (см. раздел 14.7), следы локального горения жидкости на полу.

В целях инсценировки загорания холодильника возможны и различные манипуляции с его электрооборудованием. Различных сценариев подобного рода можно придумать достаточно много. Но, что в данной ситуации внушает некоторый оптимизм, так это то, что создание дефектов, обеспечивающих медленное развитие аварийного режима (таких, как БПС или неполное КЗ), поджигатель, желающий действовать наверняка, сочтет способом недостаточно надежным и эффективным. Поэтому, скорее всего, он будет устраивать либо полное (металлическое) КЗ, либо, для надежности и интенсификации горения, применять дополнительно ЛВЖ (ГЖ). Но по обоим этим направлениям вполне возможно выявление и фиксация криминалистически значимых признаков поджога.

ЛВЖ и ГЖ обнаруживаются известными методами (см. выше).

Что касается КЗ, то при осмотре холодильника после пожара не надо считать, что после обнаружения того или иного дугового оплавления «вопрос закрыт и все ясно» – нужно тщательно разбираться, насколько данное КЗ *естественно* для данного электрического устройства, нет ли лишних деталей, вроде перемычек и, наоборот, не отсутствуют ли собственные детали и т.д. Инсценировка может быть выявлена или, наоборот, исключена, только путем такого тщательного исследования.

Телевизоры и компьютерные мониторы

Имитацию загорания телевизора поджигатель может устроить аналогично другим электроприборам. Поэтому здесь мы отметим лишь одну особенность телевизоров и компьютерных мониторов с электронно-лучевыми трубками – наличие высоковольтных узлов. Данное обстоятельство открывает перед поджигателями дополнительные возможности.

В [20] приводится описание следующей инсценировки. *Второй анод отсоединяется от электронно-лучевой трубки. Сначала второй анод «заземляется» на монтажную панель, затем выдергивается из гнезда в электронно-лучевой трубке.*

При помощи жесткой проволоки или другого предмета второй анод фиксируется на расстоянии от 1/4 до 1/2 дюйма от металлической панели.

В месте нахождения устройства и возле него распыляется горючая жидкость. Ею может быть бензин и «более тяжелые» горючие жидкости (скипидар, топочный мазут).

К счастью, приборы с электроннолучевыми трубками постепенно уходят в прошлое, а в входящих им на смену LCD – телевизорах и мониторах невозможно реализовать данный «сценарий». Впрочем, они остаются электроприборами и в них вполне могут быть реализованы режимы «искусственного КЗ» и др.

Бытовые электронагревательные приборы

Бытовые электронагревательные приборы (рефлекторы, калориферы, утюги и т.д.) могут быть использованы для искусственного инициирования горения различными способами. Разделим эти способы на три группы:

а) Нагрев горючих материалов, расположенных в контакте с прибором или в непосредственной близости от него

В этом случае нагревательный прибор располагают очень близко, вплотную к горючим материалам – мебели, изделиям из тканей, коврам, бумажным изделиям и др. Возможно предварительное разлитие горючей жидкости на полу и мебели, что способствует распространению огня. Но в этом случае могут быть найдены остатки жидкости и они будут идентифицированы в лаборатории.

У нагревательного прибора могут также убрать защитную крышку или решетку, имеющуюся на многих нагревательных приборах, или поставить прибор так, чтобы нагревательные элементы находились в прямом контакте с какими-нибудь горючими веществами.

Несомненно, трудно выявить факт применения этого способа поджога, доказать, что все произошло намеренно, а не случайно. Даже если очевидны мотивы и намерения. Наличие в доме такого «средства поджога» не является чем-то необычным. Даже если нагревательный прибор должен иметь защитную крышку или защитную решетку, но не имеет ее, это может рассматриваться разве что как косвенный признак поджога, да и то далеко не всегда.

Более серьезный аргумент в пользу поджога, когда за той же защитной решеткой нагревателя, на нагревательных элементах после пожара обнаруживается карбонизованная масса непонятного происхождения, возможно обгоревшая тряпка, какое то пластмассовое изделие и т.п. При этом ясно, что, судя по габаритам, случайно попасть за решетку данный предмет не мог, его туда можно положить, пропихнуть только намеренно.

В общем же случае, конечно, подобные способы поджога достаточно труднораскрываемы, ибо трудно бывает отделить случайность от злого умысла. Но, с точки зрения поджигателя, они и мало надежны – загорание может вообще не произойти или ограничиться стадией тления.

б) Выведение из строя устройств регулировки температуры и автоматического отключения

Достаточно распространенный способ поджога с помощью бытовых электронагревательных приборов связан с предварительным выведением из строя устройств регулировки температуры и автоматического отключения. Это касается практически всех приборов, поскольку большинство их имеют мощность с сотни ватт и киловатты.

Если оставить включенным ***утюг*** с работающим терморегулятором, то пожар, скорее всего, не произойдет. Если же терморегулятор вывести из строя, зашунтировать и затем поставить утюг на ткань, другие горючие материалы, через некоторое время загорание вполне может произойти. Не факт, что оно перейдет в пламенное горение – здесь многое зависит от материалов, находящихся в контакте с утюгом.

В современных ***электрочайниках*** обычно имеется 2 уровня защиты – датчик давления пара, выключающий чайник при закипании воды и второй (часто – биметаллическая пластинка), дополнительно защищающий от перегрева. Поджигатель может вывести из строя (отключить, зашунтировать) датчик второго уровня и включить чайник в сеть, оставив открытой крышку, а еще и набив в него бумаги, тряпок и т.д. При открытой крышке датчик давления паров срабатывать не будет,

второй отключен и загорание чайника почти неминуемо. Если раньше не произойдет КЗ в системе электропитания и чайник не обесточится.

Известны случаи поджогов с помощью *тостеров*. В тостерах перерезали пружинки, с помощью которых поднимаются рычаги, выбрасывающие поджаренные ломтики хлеба. Затем в тостер набивали различные легкогорючие материалы, такие же раскладывали вокруг него, включали тостер в сеть. При несрабатывающих рычагах тостер не отключался, продолжал греться вплоть до загорания бумаги внутри него, затем огонь перебрасывался на наружную пожарную нагрузку.

Установление факта подобных инсценировок в огромной степени зависит от тщательности работы эксперта при осмотре изъятых в места пожара вещественных доказательств. В ходе исследования могут быть обнаружены признаки шунтирования терморегуляторов и других устройств. Перерезанная пружинка тостера также обнаруживается, а то, что она именно перерезана, а не разрушилась в ходе пожара, видно при исследовании места разрыва под микроскопом.

При необходимости, это может подтвердить дополнительно назначенная трасологическая экспертиза.

в) Устройство аварийного режима в электрической цепи (КЗ, перегрузка). Короткое замыкание может быть устроено в электронагревательном приборе как в любом другом электроприборе, и для этого есть достаточно широкие возможности. Возможны два основных варианта:

– устройство короткого замыкания, возникающего на определенном этапе работы прибора, например, после срабатывания какого-либо датчика;

– КЗ в самом приборе или питающем шнуре таким образом, чтобы оно произошло, когда на прибор будет подано напряжение. Подобный прибор с «закороченной» электроцепью включают в розетку, когда она обесточена, например, отключением автоматов на электрощитке. Затем автомат включают.

Перегрузка с последующим загоранием может быть обеспечена заменой провода или отдельного участка цепи на меньшее сечение, или переключениями внутри самого прибора. Электронагревательные приборы обычно имеют несколько ступеней нагрева для обеспечения возможности регулировки теплового потока. Здесь возможны внутренние переключения, в результате которых либо возникнет перегрузка отдельных участков цепи и загорания, либо резко возрастет ток, проходящий через отдельные нагревательные элементы и произойдет их разогрев, значительно более сильный, чем при штатном режиме работы.

Манипуляции с электрической схемой электроприборов, в принципе, могут быть обнаружены при исследовании остатков электроприбора после пожара. И надо пытаться, по крайней мере, это делать, указывая в экспертном заключении, обнаружены или нет какие-либо признаки, указывающие на искусственное инициирование горения в данном случае.

г) Дополнительные признаки имитации загорания электроприбора.

Необходимо отметить, что, имитируя загорание того или иного электроприбора, поджигатели, чтобы наверняка обеспечить развитие горения, часто сосредотачивают вокруг электроприбора дополнительную пожарную нагрузку и признаки такого сосредоточения, как отмечалось выше, подозрительны.

Льют вокруг электроприбора и различные горючие жидкости, чтобы обеспечить интенсификацию горения. Остатки подобных жидкостей надо искать.

Горючая жидкость как средство поджога и электроприбор как источник зажигания – не взаимоисключающие вещи, а вполне реальное сочетание, не раз выявленное на практике.

Электрические предохранители

Инициировать горение с помощью плавких предохранителей или автоматов защиты электрической сети достаточно трудно (тут поджигателю можно посочувствовать). Разве что немного развинтив контакты и создав на них большие переходные сопротивления. Но этот способ ненадежный, может не загореться или могут обнаружить раньше, чем загорится.

Но можно произвести такие изменения в этих защитных устройствах, что они не «замечают» неисправности, от которой должны защищать цепь и таким образом будут способствовать возникновению пожара.

В *трубчатых плавких предохранителях* поджигатели устраивают обходную перемычку очень простым способом. Снимается один из колпачков предохранителя и плавкий элемент внутри колпачка перерезается. Затем берут гвоздь и отрезают его так, чтобы он был немного длиннее расстояния между колпачками. Затем гвоздь вставляют внутрь предохранителя и ставят на место колпачок. Затем предохранитель ставят на свое место. Когда в цепь подается ток перегрузки, но «предохранитель» не срабатывает, и провода перегреваются [20].

Наличие подобного «жучка» легко определяется при исследовании предохранителей после пожара. И то, что «жучок» спрятан и явно (судя по сечению и материалу) и не рассчитан на срабатывание, можно рассматривать как один из признаков инсценировки техногенной причины пожара.

Другое дело, если «жучок» не спрятан, а демонстративно красуется поверх предохранителя. Что это, разгильдяйство или злой умысел? Вероятно, это вопрос уже не к эксперту.

В автоматы электрической защиты тоже могут быть внесены изменения, предотвращающие его срабатывание или существенно его «загрубляющие» (увеличивающие ток срабатывания). Если на автомате имеются регулировочные винты, злоумышленник может их подкрутить, увеличив номинальный ток срабатывания.

Если автоматы защиты находятся вне сгоревшего помещения и не разрушены воздействием тепла пожара, их в любом случае целесообразно изымать и проверять в лаборатории на специальном стенде, определяя ток срабатывания (время-токовые характеристики). При этом может выясниться несоответствие пробитому на корпусе номиналу. Само по себе это не доказательство «квалифицированного» поджога, но в совокупности с другими фактами может к такому выводу привести.

Имитация самовозгорания

Учитывая сведения, изложенные в главе 12 книги 1, можно представить себе возможность имитации при поджоге самовозгорания. Преступник может использовать материалы, имеющиеся в помещении, которые, по его мнению, могут самовозгораться и устроить поджог, не дожидаясь этого самого самовозгорания.

В этом случае в раскрытии факта поджога очень важен экспертный анализ ситуации. Необходимо проанализировать, все ли факторы, необходимые для самовозгорания и перечисленные в главе 12, имели место? Имелись ли соответствующие материалы, теплофизические условия, типичная динамика процесса? Если эти материалы имелись в цехе, складе, квартире раньше, то почему не загорелось раньше, а загорелось только сейчас? Что могло решительным образом изменить ситуацию?

Такой анализ многое может дать для решения задачи. Конечно, если загорелась куча тряпья, пропитанного льняным или конопляным маслом и имеется необходимый для этого временной период (а время, необходимое для зажигания, находится в этом случае в пределах от нескольких часов до нескольких суток), то трудно доказать злой умысел. Но все несоответствия известной «физике процесса самовозгорания» должны быть объяснены. Иначе мы действительно имеем дело не с самовозгоранием, а с преступной имитацией этого процесса.

Литература к главе 14

1. Karter, M.J., Jr. «Fire Loss in the United States in 1994». NFPA Journal, September/October 1995.
2. John D. DeHaan Kirks Fire Investigation 4 th ed. Bredy Prentice-Hall, Inc. 1997. – 496 p.
3. Fire Protection Association. «FPA Large Fire Analisis 1993». FPA. Borehamwood, Hert., U.K., 1994.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник. Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2010. – 135 с.
5. Обстановка с пожарами в РФ в 1998 году и её прогноз на 1999 год // Пожарная безопасность № 1 – 1999, с. 158-179.
6. Микеев А.К. Поджог: причина пожара и способ совершения преступления // Пожарная безопасность №1, 2000. – с. 132.
7. Лобов С.А., Бабкин А.В. Уголовно-правовая ответственность за преступления, совершаемые посредством поджогов. ж. Пожарная безопасность № 1, 2000. – с. 133-135
8. Rider, A.O. The Firesetter A Psychological Profile. FBI Law Enforcement Bulletin, 49, June/July 1980.
9. NFPA – 921. Fire and Explosion Investigations. 1992 Edition.
10. McGill, L. California State Fire Marshal – Arson and Bomb Unit. Personal communication. 1981.
11. Hiff, T.G. Filicide by Fire – The Worst Crime. Fire and Arson Investigator, June 1993.
12. Sapp, A.D., Huff, T.G., Gary, G.P. and Icove, D.J. A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonists. Department of Justice. Washington, D.C. 1994.
13. Walter, R.D. Arson: Who Burns and Destroys with Design? Paper presented at the Tenth Australian International Forensic Sciences Meeting, Brisbane, May 1988.
14. A Pocket Guide to Arson Investigation. Factory Munual Engineering Corp., USA, 1992.
15. Кони А.Ф. Дело Овсянникова. Собрание сочинений, т. 1. – М.: Изд-во Юридическая литература: 1966. – с. 37-45
16. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.
17. Чешко И.Д., Галишев М.А., Шарапов С.В., Кривых Н.Н. Техническое обеспечение расследования пожаров, совершённых с применением инициаторов гоерния. – М.: ВНИИПО, 2002 – 120 с.
18. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). – СПб.: СПБИПБ МВД России, 1997. – 562 с.
19. Кутуев Р.Х., Чешко И.Д., Голяев В.Г., Егоров Б.С. Обнаружение и исследование остатков ЛВЖ и ГЖ в вещественных доказательствах, изымаемых с места пожара. – М.: ВНИИПО, 1985. – 52 с.
20. Steven E. Swab «Incendiary Fires: A Reference Manual for Fire Investigators». R.J. Brady Company. 1983. – 168 p.
21. DeHaan, J.D. Laboratory Aspects of Arson. Fire and Arson Investigator, 29, 26, March 1979.
22. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Особенности растекания горючей жидкости при поджоге автомобиля // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции. – Мн.: НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь – ОДО «Друк-С», 2005. – с. 243-246.
23. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Экспериментальные исследования возможности совершения поджога легкового автомобиля путем розлива горючей жидкости // Расследование пожаров: Сб. ст. вып. 1.– М.: ВНИИПО, 2005. — с. 40-48.
24. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д., Соколова А.Н. Экспертная дифференциация поджога и загорания автомобиля в результате утечки топлива // Пожарная безопасность. – 2007, № 1. – с. 97-104.
25. Loscalso, P.J., DeForest, P.R., Chao J.M. Journal of Forensic Sciences, 25, 164, January 1980.
26. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. О возможности обнаружения остатков светлых нефтепродуктов – средств поджога в зимних условиях // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликви-

- дация: Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции. – Мн.: НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь – ОДО «Друк-С», 2005. – с. 246-247.
27. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д., Бесчастных А.Н., Яценко Л.А. Эксперимент по моделированию поджога легкового автомобиля «Toyota Supra» // Расследование пожаров: Сб. ст. вып. 2. – М.: ВНИИПО, 2007.
 28. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах. Метод. пособие. – М.: ВНИИПО, 2010. – 115 с.
 29. Клаптюк И. В., Принцева М. Ю., Чешко И. Д. Применение твердофазной и ультразвуковой экстракции в экспертных исследованиях по делам о поджогах. Метод. Пособие – М. ВНИИПО, 2012 г. – 39 с.
 30. Принцева М.Ю., Чешко И.Д. Модернизированный газоанализатор с индикаторными трубками и его применение для установления природы жидкости, использованной для поджога // «Расследование пожаров», Сб. ст. вып. 2. – М. ВНИИПО, 2006, 256 с.
 31. Гольберт К. А., Вигдергауз М. С. Введение в газовую хроматографию – М.: Химия. 1990. – 352 с.
 32. Руководство по газовой хроматографии: в 2-х частях. Ч.1. пер. с нем./под ред. Лейбница Э., Штруппе Х. Г. – М.: Мир, 1988. – 480 с.
 33. Практическая газовая и жидкостная хроматография: Учеб. Пособие / Столяров Б. В., Савинов И. М., Виттенберг А. Г., и др – СПб.: С-Петербург. Университет, 2002.– 610 с.
 34. Яценко Л. А. Критерии дифференциации светлых нефтепродуктов методом газожидкостной хроматографии: Сб. ст. Расследование пожаров, Вып. 2 – М.: ВНИИПО 2006. – 256 с.
 35. Галишев М. А. Многоцелевые экспертные технологии по прогнозированию и мониторингу чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса: Дис. д-ра. тех. наук/СПб Университет ГПС МЧС России – СПб., 2004. – 300 с.
 36. Принцева М. Ю., Клаптюк И. В., Чешко И. Д. Применение метода флуоресцентной спектроскопии для обнаружения и установления состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, используемых при поджогах / Пож. Безопасность №2, 2010 – с. 94-99.
 37. Алексеева Т. А., Теплицкая Т. А. Спектрофлуориметрические методы нализа ароматических углеводородов в природных и техногенных средах. – Л.: Изд-во Гидрометеоздат, 1981. – 216 с.
 38. Химия нефти и газа: Учебное пособие для вузов / Под ред. Проскурякова В. А., Драбкина А. Е. – Л.: Химия, 1981. – 359 с.
 39. Рахманкулов Д. А., Долматов Л. В., Ольков П. Л. И др. Товароведение нефтяных продуктов. Т.2. Моторные топлива. – М.: Интер, 2006. – 612 с.
 40. Товарные нефтепродукты, свойства и применение. Справочник/Под ред. Школьников В. М. – М.: Химия, 1978. – 472 с.
 41. Беллами Л. Ифракрасные спектры сложных молекул. – М.: Издательство, 1963. – 590 с.
 42. Кросс А. Введение в практическую инфракрасную спектроскопию. М. Издательство, 1961. – 110 с.
 43. Инфракрасные спектры поглощения полимеров и вспомогательных веществ / Под ред. Чулановского В. М. – Л. Химия, 1969. – 355 с.
 44. Инфракрасная спектроскопия полимеров / Под ред. Деханта И. М.: Химия, 1976 – 472 с.
 45. Калугина Н. П. Инфракрасная спектрометрия при геохимических исследованиях нефтей и конденсатов / Под ред. Глебовкой Е. А. – Ашхабад: Ылым, 1986.
 46. Андреева Е. Д., Чешко И. Д. Применение ИК-спектроскопии при исследовании объектов, изъятых с мест пожаров. М. ВНИИПО, 2010 – 81 с.
 47. Тарутина Л. И., Позднякова Ф. О. Спектральный анализ полимеров. – Л.: Химия, 1986.
 48. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. Изд.: в 2 книгах, кн. 1, 2 / Баратов А. Н., Корольченко А. Я., Кравчук Г. Н. и др. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
 49. Дженнингс В., Рапп А. Подготовка образцов для газохроматографического анализа. Пер. с англ. – М. Мир, 1986 – 166 с.

50. Другов Ю. С., Конопелько Л. А. Газохроматографический анализ газов. – М.: МОИМПЕКС, 1995 – 464 с.
51. Tanner, H.G. Instability of Sulfur-Potassium Chlorate Mixtures. *Journal of Chemical Education*, 36, February 1959.
52. DeHaan, J.D. Laboratory Aspects of Arson. *Fire and Arson Investigator*, 29, 26. March 1979.
53. Kennedy J., Kennedy P.M. Fires and Explosions. Determining cause and origin Investigations Institute, Chicago, Illinois, 1985.
54. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. – М.: ВНИИПО 1999, 600 с.
55. Некрасов Б.В. Курс общей химии М. Госхимиздат, 1955 – 972 с.
56. Обнаружение и установление состава пирофорных смесей, применяемых при поджогах. Методическое пособие. / И.Д. Чешко, М.А. Охотников, М.Ю. Принцева, Е.Д. Андреева, А.Ю. Мокряк – М.: ВНИИПО, 2011.
57. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. – М.: Едитореал УРСС, 2002. – 304 с.
58. Гордон А., Форд Р. Спутник химика.– М.: Мир, 1976. – 544 с.
59. Драго Р. Физические методы в химии. – М.: Мир, Т.1, 1981. – 456 с.
60. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
61. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. – М.: Изд-во Московского университета, 1977. – 175 с.
62. Цаплин В.В.. Семибратова И.С. Обнаружение и исследование следов парафина сгоревшей свечи после пожара // *Пожаровзрывобезопасность*. – М.: ВНИИПО, 1993, № 4, с. 58–61.
63. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. Справочник. Пер. с англ. М. Изд. дом Додэка, 2004. – 320 с.
64. Колмаков А. И., Мокряк А. Ю., Соколова А. Н., Черничук Ю. П., Чешко И. Д., Шульгин С. О. Применение рентгеновских методов исследования в пожарно-технической экспертизе. – М. ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012 – 142 с.
65. Отчет о НИР по теме № 1–2011 Провести исследование пожаров, представляющих научный и практический интерес. / Полотненко С.В., Веселов В.В., Прокофьев В.М. / СЭУ ФПС «ИПЛ» по Тверской обл., Тверь, 2012. – 81 с.

ГЛАВА 15.

Пожары автомобилей

- 15.1. Статистика пожаров транспортных средств
- 15.2. Потенциальные источники зажигания и пожарная нагрузка автомобиля
- 15.3. Выдвижение и порядок отработки версий о причине пожара
- 15.4. Анализ отдельных версии о причине пожара. Электрические аварийные режимы в штатной электросети
- 15.5. Аварийные режимы в дополнительно устанавливаемых сервисных устройствах
- 15.6. Утечка горючих жидкостей, их загорание при контакте с горячими поверхностями и от иных источников зажигания
- 15.7. Загорание при контакте с горячими поверхностями твердых горючих материалов
- 15.8. Открытое пламя
- 15.9. Механические искры, трение
- 15.10. Тлеющие табачные изделия
- 15.11. Поджог. Дифференциация поджога и загорания, связанного с технической неисправностью транспортного средства
- 15.12. Зажигание внешней пожарной нагрузки
- 15.13. Загорание автомобиля от внешнего теплового воздействия
- 15.14. Пожары при ремонте автомобилей
- 15.15. Автомобили на газовом топливе

15.1. Статистика пожаров транспортных средств

Проблемы экспертного исследования пожаров автотранспортных средств становятся с каждым годом актуальнее. Особенно это относится к легковому автотранспорту. В крупных городах экспертизы по делам о пожарах в легковых автомобилях сейчас являются одними из наиболее распространенных. В общем то, такое положение отвечает мировым тенденциям, обусловленным ростом количества пожаров на автотранспорте.

В России количество пожаров на транспорте увеличивается из года в год, несмотря на то, что общее количество пожаров в стране снижается. Так, в 2005 году, согласно статистическим данным, произошло 21037 пожаров на транспортных средствах (9,15% от общего числа пожаров); а уже через 4 года, в 2009 году, число пожаров на транспорте достигло 23296 (12,42%) [1].

Подавляющее большинство пожаров транспортных средств происходят на автомобильном транспорте, в основном на легковом. Так, например, в 2007 году произошло 17516 пожаров легковых автомобилей (81,5% от общего числа пожаров на автотранспорте), 3187 (14,8%) – грузовых автомобилей, 738 (3,4%) – автобусов [2].

Любопытна официальная статистика распределения пожаров по причинам их возникновения (см. табл. 15.1). Приведенная статистика отражает не технические причины пожаров, а, скорее, их правовую квалификацию. Однако, иной общероссийской статистики не существует. А из той, которая есть, достаточно трудно оценить, от чего же собственно загорались автомобили.

Более-менее ясно с поджогами и «нарушениями правил устройства и эксплуатации электрооборудования». В последнем случае, вероятно, учитываются пожары, связанные с возникновением аварийных режимов в электрооборудовании автомобиля. Хотя, причем здесь «нарушение правил устройства и эксплуатации»? Загораются среди прочих и автомобили, которые «устроены» не хуже других и эксплуатировались правильно.

Неясно, в чем, собственно, заключаются массовые «нарушения правил устройства и эксплуатации транспортного средства», приводящие к наибольшему (42,8%) числу пожаров? Подобное вполне

возможно в автомобилях на газовом топливе, но, поскольку таких автомобилей гораздо меньше, чем автомобилей на жидком топливе, они никак не могли столь существенно повлиять на статистику.

Таблица 15.1

**Распределение пожаров на транспортных средствах в РФ
по причинам их возникновения (2007 г) [2]**

Причина пожара	кол-во	% от общего кол-ва
1	2	3
поджог	4545	19,9
неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства	192	0,8
нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования	2341	10,3
нарушение правил ПБ при проведении сварочных работ	185	0,8
взрыв	24	0,1
самовозгорание веществ и материалов	39	0,2
неосторожное обращение с огнем	4149	18,2
шалость детей с огнем	121	0,5
грозовой разряд	10	0,04
неустановленная причина	225	1,0
прочие причины	1221	5,4
нарушение правил устройства и эксплуатации транспортного средства	9768	42,8

И уж совсем непонятно, как может загораться более 4 тысяч автомобилей в год по причине «неосторожного обращения с огнем»? Тем более, что сварочные работы в это число не входят, они учитываются в отдельном пункте.

Есть подозрение, что большинство автомобилей, числящихся по перечисленным выше пунктам, загорелись тоже в результате поджогов, но неустановленных и недоказанных.

Чтобы ближе подойти к картине распределения пожаров в соответствии с их непосредственными (техническими) причинами, попробуем воспользоваться статистикой нескольких СЭУ ФПС «ИПЛ» – Санкт-Петербурга [3], Тюменской [4] и Амурской [5] областей.

Как и в целом по стране, в них около 80% автомобильных пожаров происходят на легковых автомобилях. Пропорционально этому и количество соответствующих экспертиз – в основном они назначаются в стране по пожарам в легковом автотранспорте.

Распределение пожаров в этих регионах по причинам показано в таблице 15.2.

Как видим, цифры в таблице по отдельным категориям причин весьма разные. И вряд ли это объясняется специфическими особенностями регионов. Так, например, обращает на себя внимание малое количество поджогов в Тюменской области. При этом распределение пожаров по месту нахождения ТС, судя по данным [4], там следующее :

- движение – 21,4%;
- остановка во время движения – 23,0%;
- стоянка в гараже – 25,3%;
- стоянка во дворе, на улице – 30,3%.

Такое распределение достаточно любопытно; ведь во время движения, исходя из количества имеющихся потенциальных источников зажигания, у автомобиля гораздо больше у шансов загореться, чем на стоянке, в гараже, во дворе. Надо ли это понимать таким образом, что большинство пожаров автомобилей все же составляют поджоги?

Таблица 15.2

Причины пожаров автомобилей в некоторых регионах России (по данным [3-5])

Причина	Санкт-Петербург	Тюменская область	Амурская область
1	2	3	4
поджог	50	12	32
аварийный режим работы электрооборудования	21	44	7
неисправность топливной системы, нарушение правил эксплуатации ТС	15	11	26
проведение ремонтных (сварочных) работ	5	2	3
неосторожное обращение с огнем	5	15	11
прочие (в т.ч. неустановленные) причины	4	16	21

Распределение пожаров *по источникам зажигания* по данным того же [4], следующее:

- тепловое проявление электрической энергии – 52%
- нагретые поверхности – 5%
- источник открытого огня – 42%
- взрыв (источник не ясен) – 1%

«Источник открытого огня» как источник зажигания фигурирует, как видим, в 42% пожаров. В случайный, некриминальный характер проявления такого «источника» также вряд ли можно поверить.

Отметим и еще один любопытный момент, отраженный в Тюменской статистике пожаров – **абсолютный пик количества пожаров в течение суток** почему-то имеет место с **часа до 3 часов ночи**. Очевидно, что это скорее свидетельствует в пользу версий о поджогах, чем каких-либо иных причин, техногенного характера.

Такой придирчивый анализ статистических данных позволяет, как нам кажется, сформулировать следующий **перечень основных причин пожаров автомобилей**:

- поджоги (очевидно, что их не 12-20, а 40-50%);
- электрические аварийные режимы (30-40% пожаров);
- пожары, связанные с утечкой топлива и других горючих жидкостей и их загорание на нагретых поверхностях (10-20%).

Приведенная выше оценка количества поджогов подтверждается практикой работы СЭУ ФПС в последние годы. Так, например, в 2010 году в Приволжском федеральном округе из числа пожаров автомобилей, к исследованию которых привлекались специалисты СЭУ, поджоги составляли: 21,4% (респ. Мордовия), 34,5% (Оренбургская область), 43,5% (респ. Татарстан), 52,7% (респ. Башкортостан), 55% (Чувашская респ.) 66,6% (Кировская область).

Аналізу версий, связанных с указанными выше причинами, мы и уделим основное внимание в дальнейшем.

15.2. Потенциальные источники зажигания и пожарная нагрузка автомобиля

- Потенциальные источники зажигания
- Пожарная нагрузка автомобиля

В автомобиле, как и на других, «бесколесных» объектах, для возникновения горения требуется наличие «треугольника пожара» – источника зажигания, горючего вещества и окислителя. Начнем с того, что кратко охарактеризуем первые два фактора, более подробно остановившись на их рассмотрении в последующих разделах данной главы.

Потенциальные источники зажигания

Потенциальные источники зажигания, имеющиеся в автомобиле, можно разделить на 3 группы.

1. Система электропитания.

Несмотря на то, что в бортовой сети автомобиля напряжение составляет 12 вольт, (иногда 24 В), в ней возможно возникновение тех же пожароопасных режимов, что и в обычной электросети – коротких замыканий (КЗ), больших переходных сопротивлений (БПС), искрение и даже перегрузки.

В возникновении и протекании этих процессов в условиях автомобильной однопроводной системы постоянного тока есть определенная специфика; она рассмотрена ниже, в разделах 15.4 и 15.5.

2. Нагретые поверхности.

В работающем автомобиле (автобусе) имеются две зоны максимальных температур:

- моторный отсек, где расположен двигатель ;
- зона нахождения системы выпуска отработавших газов автомобиля.

Система состоит из выпускного коллектора, приемной трубы, соединительных труб, одного или нескольких глушителей.

В современных автомобилях к указанным источникам добавляется каталитический конвектор, входящий в систему выпуска отработанных газов, и турбокомпрессор, если таковой имеется.

В двигателе внутреннего сгорания температура отработанных газов по длине выпускного тракта составляет 800-830^oС, а температура поверхностей 710-770^oС [6]. Это достаточно высокая температура, она выше температуры самовоспламенения большинства горючих жидкостей, используемых в автомобиле.

Конечно, делать категорический вывод о непременном загорании какой-либо жидкости только на основе примитивного сравнения температуры поверхности и температуры самовоспламенения жидкости, не стоит – тут есть определенные нюансы, рассмотренные ранее в главе 4 книги 1. Есть такие нюансы и в случае моторных топлив (бензина) и других автомобильных жидкостей. Они рассмотрены ниже, в разделе 15.6.

Вероятно, не стоит долго задерживаться на характеристиках обычных компонентов выхлопного тракта (выпускного коллектора, труб, глушителей). Остановимся на устройствах, появившихся относительно недавно – каталитических конверторах и турбинах, применяемых в автомобилях с турбонаддувом.

Каталитические конверторы

Каталитические дожигатели (конверторы) стоят на выхлопном тракте большинства современных автомобилей. Предназначаются они для дожигания продуктов неполного сгорания топлива – угарного газа (СО), углеводородов до углекислого газа и воды. В результате этого снижается токсичность автомобильного выхлопа, что и требуется по европейским экологическим нормам.

Выше отмечалось, что весь выхлопной тракт имеет достаточно высокую температуру и способен инициировать горение попавших на него горючих жидкостей. Но конвертор – наиболее нагретая и потому опасная часть тракта. По данным, приводимым в [7], температура его в штатном режиме – 400-800^oС, но по разным причинам может повышаться до 800-1000^oС. Одна из таких причин –

плохо отрегулированный двигатель, когда в конвертор попадает слишком много продуктов неполного сгорания и несгоревшего топлива, которое нужно дожечь. Другая причина – некачественное исходное топливо (бензин, дизельное топливо). При некоторых неисправностях двигателя (например, при обратных вспышках), температура дожигателя может возрасти до 1400 °С [7].

Приведенные выше температурные параметры, откровенно говоря, пугают своей величиной (выше температуры плавления стали?). Вероятно, в первоисточниках, откуда взяты эти цифры, речь идет о температуре внутри конвертора (на катализаторе), а не внешней его поверхности, которая может войти в контакт с горючим материалом. В [8], например, указывается, что «внутренние компоненты каталитического конвертера имеют рабочую температуру в пределах 1292 °F (1200 °С). В нормальных условиях их температура может быть намного выше, если топливо не сгорает из-за неисправностей топливной системы и системы зажигания. «Внешняя температура этих конвертеров может достигать температуры 600 °F (315 °С) при нормальных условиях и может быть выше, если вентиляция или циркуляция воздуха ограничена» [8].

Таким образом, если не спорить по абсолютным цифрам, то повышенная пожарная опасность конвертора – потенциального источника зажигания признается практически всеми специалистами.

Пожар с участием конвертора может возникнуть по трем разным причинам. Рассмотрим их по порядку.

а) Контактный нагрев горючих веществ и материалов вне автомобиля.

Каталитический конвертер, выхлопная труба, глушитель могут зажечь мусор, листья или сухую траву под припаркованным автомобилем, особенно, если заблокирована циркуляция воздуха вокруг выхлопной системы [8].

б) Контактный нагрев сгораемых деталей автомобиля.

Каталитический конвертер, в который поступает избыточное или плохо сгоревшее топливо, может вырабатывать достаточно тепла, чтобы зажечь расположенные вблизи от него горючие материалы и даже ковер или обивку внутри автомобиля [8].

Если раньше проблемы с каталитическим дожигателем были проблемами исключительно заграничных автомобилей (по причине отсутствия таковых на отечественных машинах), то теперь эта проблема знакома и российскому автопрому. Так, у автомобилей ВАЗ 10-го семейства возникала проблема загорания перегородки, отделяющей моторный отсек от салона, в результате контакта с конвертором.

в) Зажигание горючей жидкости при утечке.

В этом случае протекает процесс, аналогичный зажиганию горючих жидкостей на других горячих поверхностях выхлопного тракта. Но, учитывая, что конвертор еще горячее, соответственно и вероятность возникновения пожара выше.

Выявление причастности каталитического конвертора к возникновению пожара начинается, как и во всех других случаях, с выявления очага пожара. В данном случае он расположен в достаточно специфическом месте, где, кроме конвертора и других частей выхлопного тракта, обычно нет иных источников зажигания.

Горение распространяется по днищу и может проникнуть в салон, багажник или моторный отсек, если каталитический дожигатель расположен под моторным отсеком.

В последнем случае горению гораздо легче в соответствии с движением конвективного потока проникнуть внутрь автомобиля. При осмотре автомобиля после пожара в этом случае надо быть внимательным и не принять возникшие в моторном отсеке термические поражения за очаговую зону и не искать источник зажигания там. Все-таки, в соответствии с правилами пожарно-технической экспертизы, надо искать **нижнюю точку** с признаками горения. Этой точкой и может оказаться конвертор.

Разумеется, загорание может произойти либо во время движения автомобиля, либо сразу после остановки.

Свидетельские показания могут быть противоречивы – дым может показаться из-под днища, но может быть обнаружен уже при выходе из моторного отсека (в случае, если дожигатель расположен под моторным отсеком).

Характерный признак причастности к возникновению пожара – локальные термические поражения (выгорание органических материалов) вокруг дожигателя или в зоне его контакта с кузовом.

Турбина

Система турбонаддува монтируется на ряде современных моделей легковых и грузовых автомобилей с целью повышения мощности двигателя и, заодно, экологической чистоты выхлопа. Турбина в процессе работы сильно разогревается. Ее поверхность, как и каталитического дожигателя, может превышать температуру остальных нагретых поверхностей двигателя и, соответственно, служить источником зажигания.

Пример такого пожара приводится в [9]:

У автомобиля «Volvo FH 12» произошла разгерметизация крышки головки блока цилиндров, что привело к выбросу моторного масла и его самовоспламенению от теплового воздействия нагретой металлической поверхности выпускного участка турбины.

О влиянии различных факторов на возможность загорания от нагретых поверхностей

На некоторые такого рода факторы мы уже обратили внимание, но имеет смысл рассмотреть их подробнее, ибо перед каждым экспертом, выдвигающим подобную версию, возникает вопрос – автомобиль ведь едет не первый день, почему же загорелось именно сейчас? Какой вновь появившийся фактор обусловил (или спровоцировал) загорание? И если сам эксперт не задаст себе этот вопрос, то его зададут другие люди в суде.

а) Качество топлива

Использование низкокачественного топлива приводит к его неполному сгоранию, в результате чего повышается температура как конвертора, так и всего выпускного тракта. Соответственно, повышается вероятность перегрева каких либо материалов, находящихся к контакте и их загорания.

Повышенный разогрев может способствовать разгерметизации и утечке горючих жидкостей, если соответствующие трубки (шланги) проходят рядом.

б) Регулировка двигателя

Неправильная регулировка двигателя, сбой в системе зажигания также приводят к неполному сгоранию и разогреву выпускного тракта.

В [7] приводится следующий пример такого рода. Пожар произошел в автомобиле «Мазда». В день возникновения пожара автомобиль был получен владельцем со станции техобслуживания после регулировки двигателя и замены свечей. Пожар возник во время движения автомобиля и был обнаружен по дыму, выходящему в районе задней части автомобиля. До этого, по словам водителя, автомобиль «плохо тянул». При осмотре автомобиля после пожара было обнаружено, что в багажном отсеке над местом расположения глушителя обгорела отделка и лакокрасочное покрытие металла, закопчен салон. Стало очевидно, что пожар возник от нагрева горючих материалов автомобиля разогретыми деталями глушителя. Но в штатных условиях эксплуатации такое произойти не должно было. Поэтому была проверена работа двигателя, включая систему зажигания, не поврежденная пожаром. Было установлено, что две свечи в автомобиле имели сильный нагар и, по утверждению специалистов-автотехников, были неисправны. В этой ситуации бензин сгорает не полностью и обогащенная топливом сверх обычного газовая смесь поступает в систему нейтрализации выхлопных газов, приводя ее к разогреву выше нормативных температур.

Аналогичный случай, связанный с загоранием автомобиля ВАЗ 21103, который также двигался «на двух свечах», описан ниже, в разделе 15.7.

Необходимо отметить, что в современных автомобилях с инжекторным впрыском и электронной системой зажигания обычно имеется электронный контроллер, который следит за работой системы зажигания. Он имеет датчик фаз, датчик детонации и срабатывает, если в двигателе не работает 1 или 2 свечи, предупреждая устойчивое образование несгоревшей смеси. Но контроллеру, чтобы «оценить ситуацию», нужен временной промежуток, позволяющий отследить несколько циклов работы цилиндров. И если не работает 3 свечи или 1–2 свечи барахлят, периодически то работая, то

нет, контроллер «не понимает» ситуацию и не срабатывает. Таким образом, несмотря на наличие электронной защиты, ситуация не разрешается.

в) Ремонтные работы, деформации в процессе эксплуатации

При ремонтных работах, тряске, ударе о препятствия на дороге, различные фартуки, пластиковые детали звукоизоляции днища и т.д. могут сдвинуться, деформироваться и в результате оказаться в контакте с нагретыми поверхностями, чего раньше не было и конструкцией автомобиля вроде бы и не предусмотрено.

Сдвинуть всю систему выхлопного тракта могут и при ремонтных работах, связанных как с выемкой двигателя, так и заменой глушителя, выхлопных труб и др. деталей.

Надо внимательно отнестись к этой версии, если пожару предшествовал ремонт автомобиля, наезд на препятствия (камни, открытый люк и т.д.), иногда просто поездка по ухабистой дороге.

Необязательно, чтобы загорание возникло сразу после инцидента. Тут возможно сочетание факторов, в том числе с фактором, рассмотренным ниже.

г) Формирование дополнительной горючей среды

Дополнительная горючая среда, появление которой способствовало возникновению горения, может формироваться за счет нагаро-масляных и пылевых отложений, нанесения защитных и звукоизоляционных покрытий, других факторов.

Сошлемся на 2 примера, которые приведены ниже.

В одном случае эксперты вполне обоснованно предположили, что причиной пожара автомобиля стало загорание защитного покрытия днища, нанесенного крайне неаккуратно; свисающие куски его касались нагретых участков выхлопного тракта [10].

Второй случай связан с загоранием автомобиля KIA Sportage [11].

Автомобиль загорелся во время движения. Владелец рассказывал, что дым и пламя выбивались из-под днища, а когда автомобиль остановился – дым повалил из моторного отсека.

При осмотре автомобиля после пожара было обнаружено, что кожух, защищающий днище, выгорел точно в месте касания с трубой выхлопного тракта, рядом с каталитическим дожигателем. Обгоревшие концы кожуха в этой зоне свисали вниз. Внешний вид зоны выгорания кожуха был характерен для достаточно длительного тления сгораемого материала.

Кожух был изготовлен из вспененного полимера (вероятнее всего, пенополиуретана), армированного стекловолокном и обтянутого полиэтиленовой пленкой.

Конечно, конструкцией автомобиля не предусмотрен контакт кожуха с нагретой выхлопной трубой. Вероятно, такой контакт возник уже при эксплуатации автомобиля, когда он наехал днищем на какое-либо препятствие. Но и конструкторов автомобиля есть в чём упрекнуть. Практически в этой же зоне находится сливное отверстие для масла из картера двигателя. Соосно ему отверстие в кожухе. При такой конструкции, при смене масла отработанная жидкость не только сливается наружу, но и неминуемо растекается по внутренней поверхности кожуха, пропитывая его. Судя по сохранившимся пятнам масла на внутренней поверхности защитного кожуха, так и было, и масло, пропитавшее и так склонный к тлению пенополиуретан, безусловно, способствовало возникновению горения.

Подробнее эти случаи рассмотрены ниже, в разделе 15.7.

3. Прочие источники зажигания

К прочим источникам можно отнести значительно реже проявляющие себя в качестве источников зажигания горячие выхлопные газы, фрикционные искры, тепловыделение при трении, открытый огонь, разряды статического электричества и некоторые другие, в том числе тлеющие табачные изделия. В основном они рассмотрены ниже, в разделах 15.4-15.16.

Появлялись даже сообщения о загораниях внутри легковых автомобилей за счет фокусировки солнечных лучей пластмассовыми присосками, которыми к лобовому стеклу крепились висящие на шнурках брелоки.

Более часто, когда причиной пожара является поджог, в качестве источника зажигания фигурируют как источники открытого огня, так и специальные устройства и зажигательные составы.

Пожарная нагрузка автомобиля

Как и в обычных, «бесколесных», объектах, наличие в автомобиле горючих веществ и материалов, их природа, свойства и пространственное распределение существенно влияют на возможность возникновения горения, а также динамику, направленность развития пожара и картину сформировавшихся термических поражений. Остановимся на основных веществах и материалах, формирующих пожарную нагрузку автомобилей.

Газы

За очень редким исключением, горючие газы в сжатом или сжиженном виде присутствуют только в автомобилях на газовом или комбинированном топливе. К отмеченным «редким исключениям» относится специфический, но очень распространенный в настоящее время вид транспортного средства – автоприцепы-фургоны «быстрого питания», в которых обычно приготавливают и продают различные шавермы, блины и т.п. изделия. Эти фургоны на колесах обычно установлены стационарно, в людных местах. В качестве основного энергоносителя в них часто используется баллонный газ (пропан-бутан).

Системы разводки этого газа достаточно сложные, с множеством соединений. В результате иногда возникают утечки газа и вспышки (взрывы). Подобные инциденты в 90-х годах достаточно часто происходили в Москве и других крупных городах.

Методология установления причины подобных пожаров изложена в главе 13.

Жидкости

В легковом автомобиле имеются (или могут иметься) следующие горючие жидкости:

- моторное топливо (бензин, дизельное топливо);
- моторное масло;
- трансмиссионное масло;
- тормозная жидкость;
- жидкость в системе гидроусилителя руля.

Горючими могут быть также охлаждающая жидкость (тосол) и жидкость в бачке омывателя стекла.

Основные их свойства представлены в таблицах раздела 15.6, а также в главе 3 книги 1.

Вытекание указанных жидкостей при разгерметизации соответствующих систем на горячие поверхности выхлопного тракта может привести к пожару. Более подробно такая возможность также рассмотрена ниже, в разделе 15.6.

Но, надо иметь в виду, что разгерметизация возможна и как вторичный процесс, уже в ходе пожара. В этом случае возможно формирование вторичных очагов горения и возникающая зона экстремально высоких термических поражений может «увести в сторону» от истинного очага пожара.

Твердые материалы

Основную массу твердых горючих материалов в легковых автомобилях составляют:

- обивка передних и задних сидений;
- внутренняя обивка кузова;
- ковры на полу;
- тепло-звукоизоляция внутри пассажирского салона, моторного отсека, багажника;
- конструкция приборной панели;
- пластмассовые детали кузова;
- прочие пластмассовые детали (корпус аккумулятора, бачки);
- изоляция проводов, шланги;
- резиновые шины основных и запасного колес.

На стадии развившегося пожара свою долю в тепловыделение при горении могут вносить детали из алюмомагниевого сплава, прежде всего мелкие, которые легче прогреваются до температуры плавления и зажигания.

В автомобилях различных моделей и фирм-производителей для изготовления одних и тех же деталей могут использоваться различные полимерные и композиционные материалы, причем их состав обычно не разглашается. Поэтому попытаемся в таблице 15.3 указать основные (по имеющимся данным) горючие материалы, из которых сделаны те или иные автомобильные детали.

Таблица 15.3

Горючие материалы и их применение в конструкции автомобиля [8]

Узел, деталь	Материал
Панели кузова	ABS – пластик (сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола)
Детали отделки	нейлон
Сидения, подлокотники	пенополиуретан
Отделка салона	твердый полиуретан, поливинилхлорид
Изоляция проводов	полиэтилен, поливинилхлорид, резина*
Шланги	резина, поливинилхлорид
Платы электронных узлов	бумажно –слоистый пластик или стеклопластик
Радиодетали	пластмассы, компаунды, эпоксидные смолы
Гибкие топливопроводы	из резины, армированной х/б ниткой
Воздушный фильтр.	бумага
Бачки для охлаждающей жидкости, тормозной жидкости, гидроусилителя руля, омывателя стекол	полиэтилен
Шины	резина
Аккумуляторная батарея	полиэтилен

* Исключение – автомобили марки «Мерседес», в которых оболочка проводов сделана из х/б ткани с пропиткой (как электротехническая изолента) [7].

15.3. Выдвижение и порядок отработки версий о причине пожара

Описание методологии установления очага пожара выходит, как уже отмечалось, за пределы тематики данной книги. Однако в данном случае, когда дело касается установления причины пожара на автомобиле, нелишним будет напомнить читателю, что выдвижению и анализу версий о причине пожара в обязательном порядке, как и на любом другом объекте, предшествует определение места его возникновения, т.е. очага пожара. Как показывает опыт, эта, казалось бы, очевидная истина, не очевидна для некоторых экспертов. Они не утруждают себя работой по выявлению очаговых признаков и их обоснованию в экспертном заключении.

На легковом автомобиле установление очага пожара начинается с выполнения «программы-минимум» – выявления зоны наибольших термических поражений в одном из трех отсеков:

- моторном отсеке;
- салоне;
- багажнике.

Не всегда, но на большинстве пожаров в автомобилях сравнительный анализ этих трех зон дает возможность выявить наиболее пострадавшую. Делается это путем визуального осмотра автомобиля.

Если очаг пожара находится в салоне, то последний выгорает обычно очень сильно, крыша деформируется; моторный отсек и багажник могут частично или полностью обгореть, закоптиться, но при этом сохраняются относительно лучше, нежели салон.

Если очаг расположен в моторном отсеке, то в нем обычно наблюдаются сильные сосредоточенные поражения, выгорание резиновых изделий, прокладок, расплавление силуминовых деталей, у автомобилей с передним расположением двигателя чаще всего выгорают передние колеса, но лучше сохраняются задние. Горение может перейти в салон, салон выгорит, но багажник, особенно на периферийных участках, пострадает меньше.

При нахождении очага пожара в багажнике обычно выгорают багажник, салон, моторный же отсек только закоптится, но более сильные поражения (в том числе расплавления) в нем возникают редко.

Конечно, перечисленные признаки сохраняются не обязательно, машина, особенно если ее не тушили, может выгореть и до стального остова. Но случается это далеко не всегда (примерно в 20% случаев; см. выше, раздел 15.1).

Дополнительную информацию по очагу может дать **осмотр ее электропроводки**.

Многие специалисты, особенно за рубежом, указывают, что наличие признаков аварийных режимов (дуговых оплавлений, следов искрения и т.д.) на тех или иных участках электропроводки, а, главное, их **место в электрической цепи относительно источника питания**, часто позволяет сориентироваться относительно места расположения очага пожара в автомобиле. Некоторые вообще считают это основным методом установления очага пожара в транспортных средствах (М. Диллэйз, Э.Вос). При этом приводится такой пример. *Он касается обычного автомобиля с генератором и аккумуляторной батареей в моторном отделении. Авторы указывают, что, если при осмотре после пожара повреждения электрической дугой обнаруживаются возле фар или рулевого колеса, то можно констатировать, что пожар начался **не в моторном отделении и не в приборной панели**. Доказательство здесь строится методом от противного. Если предположить обратное – пожар, например, возник в моторном отсеке, – то обгорание проводов в моторном отсеке должно было привести к обесточиванию автомобиля **раньше**, чем горение выйдет за пределы моторного отсека. Поэтому, когда фронт пламени дойдет до передних фар или рулевой колонки, провода там явно будут не под напряжением. Но если там обнаружены дуговые оплавления, значит, горение возникло там раньше.*

Аналогичным образом дело обстоит и с приборной панелью.

Список примеров такого рода можно продолжить, но их суть, видимо, уже ясна – как и на всех прочих объектах, на обгоревших автомобилях очаг пожара следует искать в зоне нахождения оплавлений или иных последствий электрических аварийных режимов, наиболее удаленных от источника питания.

При поисках очага пожара в автомобиле возможно применение инструментальных методов, в частности, магнитных методов выявления зон термических поражений на холоднодеформированных корпусных деталях и вихретоковых методов. В последнее время они активно применяются на практике для выявления зон термических поражений на корпусах сгоревших автомобилей. Подробнее об этом – см [12-14].

Выдвижение версий о непосредственной причине пожара

Аналогично иным объектам пожара, версии о механизме загорания автомобиля выдвигаются и анализируются после установления очага пожара. Определяется круг источников зажигания, которые присутствовали (или могли присутствовать) в очаговой зоне, пожароопасных процессов, которые могли там протекать.

В таблицах 15.4 – 15.5 приведены основные источники зажигания, причастность которых к возникновению пожара обычно приходится рассматривать при загорании автомобиля, исходя из того, где расположен очаг пожара.

Таблица 15.4

**Основные типовые версии по источникам зажигания
при различном расположении очага пожара. Легковые автомобили**

в моторном отсеке		в салоне автомобиля		в багажном отсеке		у днища	на наружных кузовных деталях
при работающем двигателе или сразу после остановки	при неработающем двигателе	во время движения	во время стоянки	отсек совмещен с салонным	отсек занимает отдельный объем		
1* 2*	1*	1*	1* 3* 4*	1* 3* 4*	1* 4*	2* 4*	4*

Источники зажигания: 1* – электрооборудование;
2* – нагретые поверхности системы выпуска отработанных газов;
3* – тлеющее табачное изделие;
4* – посторонний источник зажигания (поджог).

Таблица 15.5

**Основные типовые версии по источникам зажигания
при различном расположении очага пожара. Грузовые автомобили**

в моторном отсеке		в кабине водителя		в кузове	под автомобилем, на элементах несущей конструкции
при работающем двигателе или сразу после остановки	при неработающем двигателе	во время движения	во время стоянки		
1* 2*	1*	1*	1* 3* 4*	3* 4* 5*	1* 2* 4* 6*

Источники зажигания: 1* – электрооборудование;
2* – нагретые поверхности системы выпуска отработанных газов;
3* – тлеющее табачное изделие;
4* – посторонний источник зажигания (поджог);
5* – самовозгорание груза;
6* – тепловыделение при трении.

В каждой конкретной ситуации, исходя из полученной при осмотре автомобиля информации и известных обстоятельств пожара, их перечень может увеличиваться. А сами версии – конкретизироваться. Так, общий термин «электрооборудование» подразумевает рассмотрение возможности причастности к возникновению пожара не одного, а нескольких пожароопасных электрических аварийных режимов. Как в «штатных» электропроводке и оборудовании, так и в «нештатных» устройствах. Под «нештатным» понимается электрооборудование, дополнительно устанавливаемое вне завода-изготовителя – сигнализация, аудиосистемы и др. Подробнее об этом – см. ниже, в разделах 15.4 и 15.5.

Для выдвижения и анализа версий о причинах загорания автомобиля важны **показания очевидцев, свидетелей** (если таковые имеются). Иногда это дает ценную информацию, позволяющую выявить характерные признаки протекания того или иного процесса, оценить динамику и направленность развития горения, хотя бы примерно очертить очаговую зону.

При возникновении пожара из-за технической неисправности, возникшей в процессе эксплуатации автомобиля, обычно (но не всегда) водитель может заметить какие-то особенности в работе отдельных систем и агрегатов автомобиля – перебои в работе двигателя, особенное поведение контрольных и осветительных приборов, другого электрооборудования, возникающее по причине как первичных аварийных режимов, так и вторичных (вторичные КЗ за счет нагрева проводов в зоне горения)

Важными могут оказаться обстоятельства, предшествующие пожару. В частности, прохождение ремонта или установки тех или иных систем. Это уже повод более внимательно присмотреться к соответствующему узлу (а также узлам и агрегатам, которые снимались и переставлялись) на предмет их возможной причастности к возникновению пожара.

В последующих разделах данной главы отдельные версии по причинам пожаров автомобилей проанализированы более подробно.

15.4. Анализ отдельных версии о причине пожара. Электрические аварийные режимы в штатной электросети

- Электрические аварийные режимы, возможные при работающем (неработающем) двигателе, включенном (выключенном) зажигании
- Порядок обработки версии о причастности аварийного режима в электросети к возникновению пожара
- Короткое замыкание
- Загорание паровоздушных смесей при КЗ
- Утечки тока
- Исследование дуговых оплавлений
- Перегрузка
- БПС (плохой контакт)
- Взрыв аккумуляторной батареи

В электросети автомобиля, как уже отмечалось, могут возникнуть и привести к пожару те же, собственно, аварийные режимы, что и в обычной электросети здания (сооружения) – КЗ, перегрузка, большие переходные сопротивления. Особенности автомобильной бортовой сети (однопроводная, обычно 12 В, реже 24 В или комбинированная – 12 и 24 В постоянного тока), конечно, накладывают определенную специфику на характер их возникновения и протекания, которая будет рассмотрена далее, но в целом все так же – источником тепла являются электрическая дуга и, в какой-то степени, возникающие при этом искры; тепловыделение при прохождении по цепи токов перегрузки, которое особо велико в зонах «плохих контактов» (БПС).

Электрические аварийные режимы, возможные при работающем (неработающем) двигателе, включенном (выключенном) зажигании

Выдвигая и анализируя «электротехническую» версию, желательно с самого начала, исходя из обстоятельств пожара, разобраться, какие цепи автомобиля могли быть под напряжением, а какие нет. Под обстоятельствами пожара в данном случае понимается, стояла ли машина на стоянке, или загорелась в момент запуска двигателя, или во время движения. Отдельные электрические цепи при этом нагружены и работают по-разному.

Естественно, у машин различных марок здесь могут быть отличия, но существуют и общие закономерности. Их можно проследить на примере автомобиля Renault Megane [15].

При выключенном зажигании, но функционирующем аккумуляторе (необходимо отметить, что на современных автомобилях отключать аккумуляторную батарею не рекомендуется заводами изготовителями, так как на них устанавливается самообучающийся контроллер) под напряжением остаются: силовые провода до генератора и тягового реле стартера; блок предохранителей бортовой системы питания; бортовой компьютер; проводники: прикуривателя, освещения салона,

радиоприемника, аварийной сигнализации, комбинированного переключателя (габариты, ближний свет фар) и т.п. Самыми пожароопасными в этой ситуации остаются проводники и узлы электрооборудования, которые не защищены предохранителями (генератор, силовые провода до генератора, тягового реле стартера и блока предохранителей бортовой системы питания).

Отсутствие электрической защиты на проводах стартера и генератора обусловлено, в основном, большими пусковыми токами, возникающими при работе стартера. На большинстве современных иномарок эти цепи также защищаются предохранителями номиналом 60-100 А. Однако, нужно помнить, что эта мера – не панацея во всех случаях; предохранитель защищает от металлического КЗ, но не защищает в случае неполного КЗ через некое переходное сопротивление (карбонизованную изоляцию и др.), которая ограничивает рост тока (см. книгу 1).

Нахождение под током обмотки генератора и провода, связывающего его с аккумулятором, уже было причиной ряда пожаров автомобилей, находящихся на стоянках. Все они были связаны с возникновением аварийного режима в генераторе (пробой диодного моста и т.д.). В результате этого по проводу от аккумулятора начинал идти ток перегрузки и загорался именно провод, а не генератор.

Величина тока перегрузки определяется емкостью аккумуляторной батареи установленной на автомобиле. Чаще всего на легковых автомобилях используют батарею емкостью – 55 А·ч, разрядная сила тока у которой может достигать 255 А [16, 17]. Проводник от генератора до аккумуляторной батареи (иногда до стартера) на большинстве автомобилей выполняется сечением 6 мм², а предельно допустимый ток для данного сечения составляет 40 А [6], что в несколько раз меньше идущего по нему току. В результате происходит перегрев изоляции, с последующим ее воспламенением.

Так, в результате пожара, произошедшего в перегрузчике SISU, было установлено, что очаг пожара располагался в левой части моторного отсека [18]. При этом пожар возник в светлое время суток, в разгар рабочей смены, а само транспортное средство долгое время не эксплуатировалось. Наличие признаков поджога, а также производства каких-либо ремонтных работ по результатам исследования не усматривалось, поэтому был сделан вывод о том, что, в данном случае, природа источника зажигания могла быть связана только с тепловым проявлением электроэнергии в условиях аварийного режима работы электрооборудования перегрузчика.

Непосредственно в очаге пожара находился генератор. Проводник идущий от него к аккумуляторной батарее был сильно отожжен и имел повышенную хрупкость – медные жилы ломались после 1-2 перегибов. На крышки выпрямительного блока в районе щеткодержателя имелся сквозной прогар.

В результате проведенного лабораторного исследования данного генератора было установлено, что в нем имел место аварийный режим работы выпрямительного блока, что и привело к загоранию перегрузчика [18].

В качестве примера можно также привести пожар, произошедший в автомобиле «Фольксваген Транспортер», который был припаркован около дома [19].

Визуальный осмотр показал, что горение происходило в районе моторного отсека автомобиля. Причем, большая площадь выгорания лакокрасочного покрытия наблюдалась на правом крыле и на крышке капота автомобиля, с правой стороны, при этом левая сторона капота следов термического поражения не имела.

На внутренней поверхности капота с правой стороны имелось локальная зона выгорания лакокрасочного покрытия, в то время как левая сторона была закопчена. На радиаторе системы охлаждения в правом верхнем углу имелся локальный прогар.

В моторном отсеке термические поражения наблюдались также с правой стороны, в районе установки генератора. При этом в левой части моторного отсека сохранились элементы оборудования, выполненные из легкоплавких и горючих материалов (элементы соединительных резиновых шлангов, изоляция отдельных проводников и пр.).

При проведении динамического осмотра данного генератора, на плюсовой шине выпрямительного блока генератора, в месте, где должен находиться средний болт крепления данной шины к корпусу генератора, было обнаружено локальное оплавление желтого цвета (рис.15.1),

морфологические признаки которого свидетельствовали о его электродуговом происхождении. В результате проведенного металлографического исследования данного оплавления было установлено, что имеющееся оплавление образовалось в результате первичного короткого замыкания, т.е. замыкания, произошедшего до пожара или по начальной его стадии.

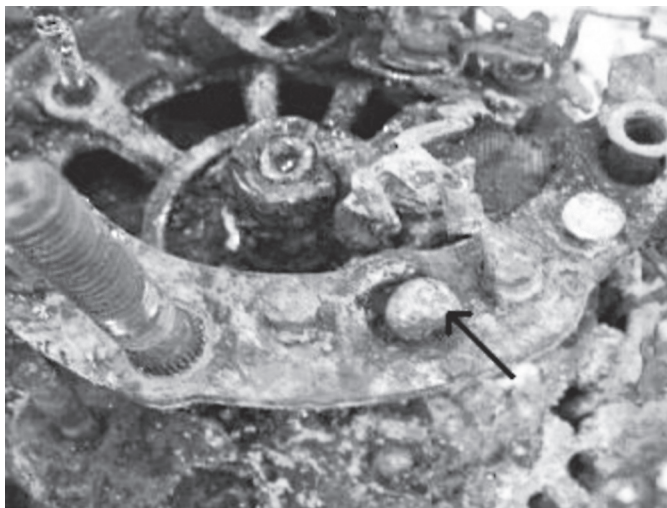


Рис.15.1. Вид плюсовой шины генератора

Стрелкой показано наплавление в месте, где должен быть впрессован средний винт крепления шины

Со слов владельца автомобиля, было известно, что незадолго до этого, данный автомобиль находился на станции техобслуживания, где производился ремонт генератора, а именно – демонтаж защиты и самого генератора; разборка и сборка генератора, замене щеток, ремонт реле регулятора; замена коллекторных колец ротора.

Исходя из вышеизложенного, был сделан вывод, что причиной пожара в автомобиле «Фольксваген Транспортер» являлся аварийный пожароопасный режим работы генератора (короткое замыкание). Скорее всего, данный аварийный режим возник вследствие неправильной сборки генератора после ремонта [19].

При включенном зажигании, но неработающем двигателе единственным источником электроэнергии также является аккумулятор. Под напряжением, кроме перечисленных узлов и деталей, находятся модуль зажигания, все установленные реле, переключатели и выключатели электропотребителей, центральные распределительные проводники замка зажигания. Под напряжением находятся все проводники, контрольные приборы и сигнальные лампы.

В [7] отмечается также, что при длительно включенном зажигании, при замкнутых контактах прерывателя распределителя зажигания, существует опасность сильного нагревания катушки зажигания, которая может служить источником зажигания или быть причиной КЗ или перегрузки питающих ее проводников. Но нужно заметить, что относится это только к устаревшим моделям автомобилей, выпущенным до 2005 года.

При включенном зажигании и работающем двигателе источником электроэнергии, помимо аккумулятора, является еще и генератор. При выходе из строя регулятора напряжения, особенно на больших оборотах двигателя, ток в электроцепи автомобиля может значительно повыситься, что в свою очередь может привести к возникновению пожароопасного аварийного режима работы электрооборудования или электросети. Особенно это актуально на современных легковых автомобилях, на которых контроль за работой генератора осуществляется сигнальной лампочкой, вместо амперметра.

При повреждении изоляции проводников возможно КЗ, чему способствует вибрация автомобиля.

При запуске двигателя ключом зажигания включается электромагнитное тяговое реле стартера, которое соединяет электродвигатель стартера с силовым проводом и обеспечивает сцепление бендикса стартера с венцом маховика двигателя, в результате чего проворачивается коленчатый вал

двигателя. Ток, протекающий при этом через силовой провод и контактную группу реле включения стартера, в зависимости от трудности проворачивания маховика, может быть от 50 до 260 А.

В этих условиях может, в частности, возникнуть залипание (пригорание) контактов, либо так называемое «закусывание» шестерни привода стартера и шестерни маховика двигателя (особенно часто встречается на автомобилях с изношенной шестерней маховика), что не позволит выключить стартер ключом зажигания.

В результате, если двигатель работает, то стартер начинает работать как генератор электроэнергии и возникает перегрузка силового провода. Если же двигатель не работает, то стартер находится в «заторможенном» состоянии, а по проводнику начинает течь ток перегрузки, величина которого, может достигать 255 А (см. выше).

В качестве примера можно привести пожар, произошедший в автомобиле NISSAN PRIMERA [20]. Морозным зимним утром владелец в течение 10 минут пытался безуспешно завести находившийся около подъезда автомобиль. Убедившись в тщетности своих усилий, он отправился домой. Через несколько минут в дверь его квартиры постучала соседка и сообщила о возгорании его машины.

В процессе осмотра, который производился на СТО страховой компании, куда ее эвакуировали после данного инцидента, было установлено, что очаг пожара расположен в моторном отсеке, в районе установки воздушного фильтра и стартера.

При исследовании электропроводки в моторном отсеке электрических проводов с оплавлениями обнаружено не было. В то же время, было установлено, что часть электропроводника, находившегося непосредственно в зоне очага пожара и идущего от плюсовой клеммы аккумуляторной батареи к стартеру, на момент осмотра отсутствовала. Не исключено, что она была утрачена в процессе транспортировки автомобиля на СТО после пожара. Фактов срабатывания предохранителей электрических цепей также установлено не было.

При динамическом осмотре самого стартера выяснилось, что шестерня привода обгонной муфты находится в положении, соответствующем включенному состоянию (рис. 15.2). Очевидно, что она заклинена, поскольку в исправном состоянии должна быть втянута внутрь корпуса.



Рис. 15.2. Часть стартера и шестерня привода обгонной муфты (показана стрелкой)

На роторе электродвигателя стартера со стороны тягового реле наблюдалось изменение цвета металла, а на статоре, со стороны крышки коллектора в месте входа проводника от зажима тягового реле, имелось локальное выгорание краски, что свидетельствовало о локальном нагреве данных мест внутри стартера.

На якоре тягового реле наблюдалось наличие коррозии, а пластмассовый рычаг привода обгонной муфты оплавился. Контактные зажимы реле окислились, а его крышка, выполненная из изоляционного материала, в верхней части имела локальный прогар около левого зажима, к которому крепился проводник, идущий от аккумуляторной батареи.

Контактные пластины внутри крышки были закопчены, а на контактном диске, на участке около 1/5 поверхности копоть отсутствовала. Данное обстоятельство свидетельствовало о том, что на момент возникновения пожара контакты тягового реле находились в замкнутом состоянии.

Таким образом, можно было констатировать, что на момент возникновения пожара стартер находился во включенном положении и через него протекал ток перегрузки.

Экспертами был сделан вывод - причиной данного пожара явилось воспламенение изоляции проводника, идущего от плюсовой клеммы аккумуляторной батареи к стартеру, в результате прохождения по нему в течение длительного времени тока перегрузки.

Указанная причина объясняет отсутствие оплавлений на проводах, так как уже в начальной стадии пожара источник питания (в данном случае аккумуляторная батарея) был практически выведен из строя (разряжен), а также и отсутствие сработавших предохранителей защиты электроцепей бортовой сети автомобиля. Проводники, идущие от плюсовой клеммы аккумуляторной батареи к стартеру и генератору, как известно, не защищены предохранителями [20].

Порядок обработки версии о причастности аварийного режима в электросети к возникновению пожара

Обычно отработка версии проводится по следующим этапам:

1. Осматриваются **предохранители автомобиля** (выясняется, какие из них перегорели, какие целые).

Если автомобиль загорелся на стоянке, то надо выяснить, есть ли в нем **выключатель массы**, и, если есть, то в каком положении он находится (включено, выключено). Будет очень неудобно, если пожарный специалист будет настаивать на «электротехнической версии», а потом выяснится, что машина была обесточена.

Необходимо заметить, что на большегрузных автомобилях и автобусах в кабине водителя устанавливается «кнопка» выключателя аккумуляторной батареи (батарей), которую многие специалисты, в том числе и автотехнические, называют выключателем массы, что является не совсем верным. Во первых, аккумуляторная батарея данной кнопкой не отключается от корпуса автомобиля, а благодаря ей происходит лишь отключение большинства потребителей (в том числе и стартера, генератора) от плюсовой клеммы аккумуляторной батареи. При этом часть электрооборудования транспортного средства остается под напряжением (например, система аварийной сигнализации). Неучет этого обстоятельства может привести к неправильным выводам при расследовании пожара.

Так, в процессе расследования причины возгорания автомобиля КАМАЗ КО-440-7, пожарным инспектором был вынесен ошибочный вывод, о том, что причиной пожара не мог послужить аварийный режим работы штатного электрооборудования, так как в кабине «кнопка» выключателя аккумуляторной батареи, которую он назвал «массой автомобиля», была выключена. Исходя из того, что в данном случае другие версии возникновения горения, кроме электротехнической, подлежали исключению, а также то, что специалистами СЭУ ФПС на токоведущих жилах были обнаружены признаки первичного короткого замыкания, он сделал вывод, что причиной пожара послужил аварийный режим работы дополнительного электрооборудования, а именно предпускового подогревателя 14ТС-10, установленного на данном автомобиле. Соответственно, заводом-изготовителем автомобиля был предъявлен иск поставщикам данного оборудования о возмещении понесенных убытков.

Однако в процессе дальнейшего экспертного исследования было установлено, что в очаговой зоне, а также в месте, откуда были изъяты проводники на исследование, какое-либо электрооборудование или электрические проводники системы предпускового подогревателя отсутствовали – все они находились на своих рабочих местах и в исправном состоянии. Проводники с дугowymi

оплавлениями принадлежали штатной электропроводке автомобиля. Соответственно, учитывая вышеизложенное, был сделан вывод о том, что причиной данного пожара послужило аварийный режим работы штатного электрооборудования автомобиля [21].

2. Устанавливается, есть ли дуговые оплавления на проводах.

Если есть, то желательно выяснить, к какой электрической цепи относится провод с оплавлениями. Особенно важно выяснить, относится провод к штатной электросети автомобиля или он принадлежит системе охранной сигнализации, другим сервисным системам (см. приведенный выше пример).

Если оплавлений несколько, то наибольший интерес представляют те, которые находятся в предполагаемом очаге пожара, либо в непосредственной близости от него. Необходимо также по возможности сопоставить их местонахождение со схемой электропитания автомобиля и определить оплавление, которое, как мы отметили выше, наиболее удалено от источника электропитания.

3. Указанные выше дуговые оплавления следует изъять и отправить на исследование с целью выявления признаков первичности (вторичности) КЗ [7].

Правила изъятия автомобильных проводов – те же, что и обычной электропроводки.

Исследуются провода теми же методами – металлографией и рентгеноструктурным анализом.

Более подробно вопросы, связанные с методологией экспертного исследования автомобильных проводников с оплавлениями, рассмотрены ниже.

Короткое замыкание

Как известно, в автомобилях используется однопроводная система электроснабжения постоянного тока, чаще всего напряжением 12 В. Подача тока на потребители осуществляется проводами различного сечения от плюсовой клеммы аккумулятора, через коммутационные устройства, прямую или через блок предохранителей. «Минус» аккумулятора соединен с корпусом автомобиля (как говорят, подан на «массу»);

Металлическое короткое замыкание может иметь место при прямом контакте плюсового провода с любой корпусной или замкнутой на корпус деталью автомобиля. Но наиболее оно опасно на участках, которые не защищены предохранителями. На отечественных автомобилях и некоторых иномарках, это непосредственно аккумуляторная батарея, стартер, генератор замок зажигания и др. (см. выше).

На легковых автомобилях аккумуляторные батареи обычно размещаются в моторном отсеке, хотя бывают и исключения – в BMW 745i, например, аккумуляторная батарея может размещаться в багажном отсеке, а в Мерседесе 6500 BRABUS - под задним пассажирским сидением.

Заряженная аккумуляторная батарея – мощный источник электрической энергии. Поэтому в случае металлического короткого замыкания полюсных выводов батареи или замыкания на корпус отходящего от плюсовой клеммы провода происходит электрическая дуга, безусловно, способная инициировать горение. Подобные случаи имели место, когда на клеммы заряженного аккумулятора роняли гаечный ключ.

Другой случай произошел в Санкт-Петербурге, когда, владелец «Волги» при ремонте решил опрокинуть ее набок, забыв при этом отключить и вынуть аккумулятор. Провод, отходящий от плюсовой клеммы, при этом замкнуло на массу и возникшей электрической дугой буквально перерезало пополам, несмотря на весьма солидное сечение. Возник пожар.

Металлическое короткое замыкание может возникать и после аварии, в результате обрыва проводов, в частности кабелей аккумуляторной батареи и стартера, которые, как уже отмечалось, не имеют электрической защиты. Количество энергии в батарее может быть достаточным для зажигания таких материалов, как смазка двигателя, некоторые пластмассы и электрическая изоляция. Дуга значительной силы может возникнуть при повреждении батареи [8].

Хотя аварийные режимы во всех проводах в принципе пожароопасны, короткие замыкания в проводах малых сечений (0,5-1,5 мм²) редко приводят к возникновению очага возгорания, так как жила провода не приваривается к металлу и быстро выгорает. Если же длина провода малого

сечения более 7 м, температура вообще, как отмечается в [6], не может достигнуть критического значения, поскольку большое сопротивление цепи ограничивает проходящий ток. Однако короткое замыкание в проводах больших сечений (2,5 мм² и выше), как правило, приводит к возникновению устойчивого контакта в месте замыкания и резкому повышению температуры.

КЗ может возникнуть в самых разных местах автомобиля в результате **перетирания изоляции при вибрации, отсоединения проводов от контактов и попадания их на «массу» и т.д.**

Примером подобного пожара может служить загорание автомобиля ГАЗ 2752 «Соболь» [22]. Вероятно, по причине вибрации произошло перетирание изоляции проводника, идущего от аккумуляторной батареи к генератору. В результате этого произошло короткое замыкание данного проводника на металлические поверхности площадки аккумулятора. Проводник как бы «приварился» к корпусу, данное обстоятельство способствовало возникновению пожара.

Аналогичный случай послужил причиной пожара автомобиля «Nissan Patrol 3.0D ELEGANCE». В результате короткого замыкания произошло «приваривание» проводника, идущего от плюсовой клеммы аккумуляторной батареи к блоку управления [23].

Следствием таких привариваний в результате КЗ плюсового провода к «массе» автомобиля является длительное прохождение тока КЗ по проводу, его перегрев в результате перегрузки и загорание.

Необходимо отметить, что подобные описанным случаи, довольно часто встречаются на практике. Это обусловлено конструктивными особенностями легковых автомобилей – аккумуляторная батарея, чаще всего, устанавливается неподвижно, на брызговике переднего крыла (на автомобилях брызговиком левого (правого) переднего крыла называется металлическая поверхность, расположенная над колесом в моторном отсеке), а идущие от нее проводники соединяются в первую очередь с двигателем, который в процессе работы вибрирует.

Несколько иной пожар произошел в автомобиле Мерседес-Бенц 230. В его моторном отсеке произошло повреждение изоляции штатного провода автомобиля спиралеобразной оплеткой тросика открывания замка крышки капота. Токпроводящая жила данного провода и оплетка тросика мгновенно раскалились и воспламенили изоляцию и расположенные рядом горючие материалы [7].

В [24] приводится описание пожара а/м «Chevrolet Lachetti». Там произошло КЗ идущего к стартеру проводника на стальной трос от коробки передач. *«В задней части моторного отсека, в 36 см от щитка передка и 49 см от левого борта, в 40 см ниже уровня капота, обнаружено место перегорания стального многопроволочного троса диаметром 6 мм, проложенного от коробки передач через технологическое отверстие в салон. В точке перегорания проволоки троса сплавилась друг с другом в одном локальном месте – это оплавление в виде косого среза длиной 11 мм. Рядом с местом перегорания троса фрагмент этого троса (с длиной проводок от 22 до 44 мм) приплавился к многопроволочному медному проводнику, идущему от клеммы «+» аккумулятора на стартер. Тут же обнаружено место 2-го сплавления проводника, идущего на стартер, с данным тросом. Это место находится в 24 см вправо назад от правого заднего угла аккумулятора. В местах сплавления с тросом на медном проводнике имеются оплавления» [24].*

Источники зажигания, возникающие при КЗ, рассмотрены в главе 7 книги 1. Они такие же, как и при КЗ в обычных электросетях переменного тока напряжением 220 и 380 В.

В анализе вопроса о причастности КЗ к возникновению пожара в автомобиле нужно занимать «взвешенную» позицию, а она наблюдается далеко не всегда.

Некоторые специалисты и эксперты в своих заключениях умудряются написать, что поскольку, де, в бортовой системе автомобиля – пониженное напряжение (12В), то «...возникающая при КЗ дуга не имеет достаточной зажигательной силы» (!). Наивность такого мнения очевидна, ибо дело здесь не в напряжении, а в величине протекающего тока.

Полярная точка зрения, предполагающая, что любое КЗ, по крайней мере, на незащищенных участках цепи, приводит к пожару, также далека от истины.

На самом деле, фатальной неизбежности возникновения пожара после короткого замыкания не существует. ***Возникнет или не возникнет при КЗ горение, зависит от многих факторов***, в том числе от:

- места возникновения;
- свободное это касание или контактирующие поверхности прижаты друг к другу;
- площади и геометрии соприкасающихся поверхностей;
- наличия переходного сопротивления в зоне контакта;
- какая образуется цепь протекания тока КЗ и как быстро перегорит от возникших токов перегрузки ее «слабое звено»;
- перегорит ли это слабое звено вообще и успеет ли это произойти раньше, чем возникнет горение;
- условий теплообмена в возникших зонах тепловыделения;
- наличия горючих материалов в зоне возникновения КЗ и по трассе прохождения тока КЗ, способных загореться от образующегося теплового импульса.

В качестве примера влияния некоторых из этих факторов приведем ***результаты испытаний по имитации коротких замыканий в электропроводке автомобиля LADA-110, проведенных заводом-изготовителем в 2005 г [25]***.

На автомобиле, находящемся «на стоянке», с полностью заряженной аккумуляторной батареей типа 6СТ-55, с положением выключателя зажигания «Выключено» и холодным непрогретым двигателем, устраивали КЗ оголенной медной жилы различных проводов на кузовные детали («массу») автомобиля. Провод на локальном участке контакта зачищали от изоляции, участок кузова – от слоя краски.

Возникновения дуги, а тем более, горения, удалось достичь далеко не всегда. При контакте возникало сильное искрение, но без дополнительного прижатия контакт быстро нарушался.

Возникновения горения удалось достичь, в частности, при КЗ провода сечением

6 мм² соединяющего АКБ с генератором, в месте соприкосновения с кромкой отверстия площадки АКБ и кромкой рамки радиатора. При этом загорелась гофрированная трубка, защищающая от механического повреждения жгуты проводов. Экспериментаторы наблюдали медленное горение трубки и стекание расплавленной пластмассы горящими каплями вниз на корпус КПП и защитный экран под двигатель. Процесс сопровождался появлением густого, едкого дыма.

Замыкание же провода сечением 16 мм² из жгута, соединяющего АКБ и стартер, на кромку отверстия площадки АКБ, приводило к мгновенному перегоранию минусового провода сечением 6 мм² соединяющего минусовую клемму АКБ и кузов. При этом происходил обрыв цепи практически без повреждения изоляции проводов. Казалось бы, КЗ на массу более толстого провода, большие протекающие токи должны были бы скорее привести к возникновению дуги и горения. Но тут сказались роль образовавшейся цепи прохождения тока КЗ. В ней более тонкий провод 6 мм² сыграл роль предохранителя, перегоревшего при прохождении по цепи тока КЗ и прервавшего, таким образом, развитие пожароопасного процесса.

Очень интересен эксперимент по замыканию провода сечением 6мм², входящего в жгут проводов панели приборов, на кронштейн крепления троса открытия замка капота в районе монтажного блока. В результате произошло оплавление не только указанного провода, но и – проводов сечением 6 мм² жгутов «АКБ-стартер» и переднего жгута проводов, а также 8-ми клеммовой колодки, которой соединяются указанные жгуты. Произошло самопроизвольное включение большинства потребителей – габаритов, света фар, поворотов, стеклоочистителя, а также включение стартера. После включения прямой передачи и удержания автомобиля тормозом оплавилась минусовая клемма АКБ. Аккумулятор полностью разрядился. Все это сопровождалось появлением густого дыма в моторном отсеке и в салоне. Возник открытый огонь в районе монтажного блока, под площадкой АКБ и в закрытом сечении кузова под радиатором. В этих местах наблюдалось горение гофрированной трубки на жгутах проводов в моторном отсеке, а также пластмассовой втулки упора троса открытия замка капота. Нужно отметить, что перегораний медных жил при этом не наблюдалось,

т.е. основные очаги горения возникли в результате прохождения по образовавшемуся электрическому контуру токов перегрузки, возникшей в результате КЗ.

Приведенный пример – аварийный режим в жгуте проводов панели приборов – достаточно характерен и часто встречается на практике. Характерно и включение при этом различных электропотребителей (фар, габаритных огней и т.д.), а также стартера. Неоднократно от дознавателей можно было слышать пересказ «удивительных» обстоятельств пожара, когда стоящий на стоянке автомобиль вдруг замигал огнями и поехал, врезавшись в другой автомобиль или стену.

Характерно именно для электрического аварийного режима и несколько возникших очагов пожара. Но, обратим внимание, все они связаны единой электрической цепью, что отличает данный случай от множественных очагов при поджоге.

Часто КЗ в автомобиле, как и на других объектах, является не первопричиной, а «финальным аккордом» в цепи процессов, приведших к возникновению горения. Этот «финальный аккорд» оставляет вещественные следы своего протекания – дуговое оплавление. Но начало пожару мог положить другой процесс и часто это видно, если проанализировать внимательнее известные факты.

Приведем пример из книги уже цитированных авторов [7]. *«Пожар произошел в автомобиле ВАЗ 21099 от теплового эффекта короткого замыкания в проводке, питающей отопитель. В день возникновения пожара водитель обратил внимание на то, что до этого нормально работающий отопитель салона автомобиля стал работать с перебоями, а именно, при включенном состоянии отопителя периодически происходило отключение и включение его вентилятора. Водитель, не придав этому особого значения, продолжал эксплуатацию отопителя до тех пор, пока не появился запах горелой резины, и через короткое время в районе расположения отопителя не появилось пламя».*

Из приведенного описания ясно, что с отопителем (или его вентилятором) что-то происходило, шел какой-то процесс термического разложения (запах горелой резины) и лишь затем возникло пламенное горение. Учитывая эти признаки, корректнее было бы считать, что дело скорее в тепловом эффекте не КЗ, а какого-то иного аварийного режима, предшествовавшего КЗ. Это мог быть перегрев отопителя за счет периодической остановки вентилятора, или тепловыделение в зоне плохого контакта (БПС). Может быть, этот «плохой контакт» и возник то на контактах вентилятора, отчего он и останавливался.

Эти и другие контакты неплохо было бы исследовать на предмет выявления следов БПС.

Возможно, в данном случае не так важно, какой аварийный режим привел к загоранию отопителя. Но, относя на счет КЗ всякий пожар, где найдено дуговое оплавление (или не найдено, а просто потому, что явно загорелся электроприбор, а не что-то иное), мы не докапываемся до сути произошедшего, а это – святая задача любого квалифицированного эксперта.

В то же время, «докапываясь до сути», нельзя преступать пределы компетенции пожарно-технического эксперта. Приведем примеры двух пожаров.

Первый произошел в автомобиле «PEUGEOT 307». Как следовало из представленных материалов, данное транспортное средство в течение недели эксплуатировалось с явной технической неисправностью – при разгоне и переключении передач появлялся посторонний звук и машина «громко редела» (была установлена автоматическая коробка переключения передач (АКПП)), а владелица продолжала ее эксплуатировать, вместо того чтобы обратиться на СТО.

В процессе установления причины пожара было обнаружено первичное короткое замыкание проводника электронного блока управления АКПП, что и послужило причиной возгорания автомобиля. При этом возник вопрос, а что же привело к возникновению этого КЗ, тем более, что непосредственно перед появлением указанного постороннего шума производился ремонт коробки передач [26].

Другой пожар произошел в новом, находящемся на гарантийном обслуживании автомобиле «Chevrolet Lachetti». В процессе исследования было установлено, что произошло разрушение свечи

зажигания 3-го цилиндра, ее резьбовая часть как бы «отломилась» от самой свечи. Соответственно в «заведенном» состоянии, произошел выброс в моторный отсек горючей смеси, подающейся в третий цилиндр двигателя. При этом источником воспламенения данной смеси, скорее всего, послужило рабочее искрение этой же свечи (электрический разряд между электродом данной свечи на металлические поверхности двигателя) [27].

Конечно, в этом случае возник вопрос, – а что же, в свою очередь, послужило причиной разрушения свечи зажигания?

Очевидно, что ответ на этот вопрос, как и на вопрос о причине короткого замыкания проводника электронного блока управления АКПП, находится вне компетенции пожарно-технического эксперта (специалиста). Для ответа на него требуется проведение исследований специалистами иного профиля, возможно и совместно с пожарно-техническим экспертом в рамках комплексной экспертизы.

Загорание паровоздушных смесей при КЗ

Обычно при коротком замыкании в автомобиле загораются твердые горючие материалы (изоляция проводов, пластмассовые детали и др.), а также всякие пыле-масляные отложения в моторном отсеке и малодоступных уголках салона. Загоранию изоляции проводов способствует и ее разогрев током перегрузки, возникающим при КЗ.

Запах гари, горелой пластмассы или резины позволяет выдвинуть версию, связанную с электрическим источником зажигания. В то время, как запах бензина, иногда отмечаемый в показаниях свидетелей, указывает на вероятность загорания, связанного с разгерметизацией топливной системы.

Выделяемое при аварийном режиме работы электросети автомобиля тепло, в принципе, может послужить и источником зажигания *паров горючей жидкости* в случае разгерметизации какой-либо из содержащих эти жидкости систем (топливной, тормозной, смазочной и др.). Правда, при этом данная разгерметизация должна совпасть во времени и в пространстве с возникновением аварийного электрического режима. Такое обычно случается при авариях, столкновениях и в этом случае данную версию следует рассматривать как первоочередную. Но очень мало вероятную в обычных условиях.

Хотя иногда имеют место явно нестандартные ситуации.

Приведем пример одной из них [28].

Пожар произошел в автомобиле Mitsubishi Space Star зимним утром, при попытке владелицы автомобиля завести его на достаточно сильном морозе.

При осмотре автомобиля после пожара выяснилось, что зона горения находится в пределах моторного отсека автомобиля. За его пределы наблюдается лишь выход газообразных продуктов сгорания через щели и прочие неплотности, что проявляется в незначительных локальных закопчениях, подплавлениях пластмассовых и мелких алюминиевых деталей.

На капоте, в левой (по ходу автомобиля) его части, наблюдается четко выраженная локальная зона выгорания лакокрасочного покрытия.

Внутренняя поверхность капота покрыта слоем копоти, однако в левой копоть выгорела локальным пятном, причем пятно выгорания копоти на внутренней поверхности капота практически совпадает с пятном выгорания красочного покрытия на внешней поверхности.

Внутри моторного отсека термические поражения также значительно больше в левой его части, нежели в правой. В левой части практически полностью выгорела изоляция на проводах, сгорели пластмассовые корпуса воздушного фильтра, подводящих и отходящих от него труб, корпус блока предохранителей. При этом в правой части сохранились (имеют лишь поверхностное обгорание сверху) резиновые трубки и шланги, изоляция проводов.

На крышке блока цилиндров – слева копоть выгорела, справа закопчение полностью сохранилось. Такое же характерное выгорание копоти наблюдается на левой проушине крепления радиатора и других, расположенных в левой части моторного отсека деталей.

Судя по имеющимся термическим поражениям, нагретые конвективные потоки газообразных продуктов сгорания более интенсивно выходили через неплотности в моторном отсеке также

из левой его части. Так, например, алюминиевая проушина крепления бампера в левой части подплавлена, в правой же части не нарушена.

Исходя из вышеизложенного, эксперты заключили, что очаг пожара находился в левой части моторного отсека, примерно в зоне, где у автомобиля расположен аккумулятор и воздушный фильтр.

Сам аккумулятор или его обгоревшие остатки на момент осмотра в автомобиле отсутствовали. Более того, стальное основание (поддон), на котором устанавливается аккумулятор, закопчен по всей поверхности, в левой части он залит остатками расплавленной пластмассы от воздушного фильтра.

Наконечники (клеммные зажимы) плюсового и минусового проводов как по наружной, так и по внутренней поверхности были закопчены, имели мелкие налипшие частицы обгоревшей пластмассы и оплавленного металла.

Из этого можно было сделать вывод, что аккумулятор на момент пожара, на своем штатном месте в моторном отсеке отсутствовал, и провода с клеммными зажимами с клемм аккумулятора были сняты.

При осмотре на внутренней и внешней поверхности зажима плюсовой клеммы, а также на поверхности поддона под аккумулятор (в правой его части, ближе к плюсовому проводу с клеммным зажимом) было обнаружено несколько мелких шариков диаметром до 1 мм – по внешним признакам, явно дугового происхождения. Подобные шарики образуются при электрической дуге и представляют собой застывшие мелкие брызги расплавленного дугой металла.

Таким образом, появились основания предположить, что источником зажигания в данном случае явилась электрическая искра. Учитывая, что автомобиль до этого находился на стоянке, другие потенциальные источники зажигания – нагретые поверхности двигателя и выхлопного тракта были исключены. Кроме того, и очаг пожара в этом случае находился бы в другом месте.

Для возникновения горения, как известно, кроме источника зажигания, необходимо горючее вещество, способное загореться от данного источника. В данном случае, учитывая минусовую окружающую температуру, таким горючим веществом могли быть только пары легковоспламеняющейся жидкости, причем с достаточно низкой температурой вспышки (например, бензина, диэтилового эфира, ацетона и т.п.).

Исходя из вышеизложенного, эксперты констатировали, что причиной пожара (загорания) автомобиля явилось воспламенение паровоздушной смеси (смеси паров легковоспламеняющейся жидкости с воздухом) электрической искрой, возникшей при коротком замыкании плюсового провода на корпус (или минусовой провод) автомобиля.

В подобной, казалось бы, невероятной ситуации, многое непонятно. При отсутствии аккумулятора в автомобиле и нахождении его в неподвижном состоянии, электрического разряда возникнуть не могло. Непонятно также, откуда в данном случае могла взяться горючая паровоздушная смесь.

Ситуацию прояснили свидетели происшествия. Оказывается, женщина-водитель при попытке завести в мороз двигатель окончательно посадила аккумулятор. Не помог даже состав под названием «Быстрый старт», изготавливаемый на основе легколетучего диэтилового эфира, который она по совету соседей впрыскивала в воздушный фильтр. Далее один сосед посоветовал ей подзарядить аккумулятор, вынул его и унес на зарядку, а другой решил помочь завести автомобиль путем буксировки другим автомобилем. При этой буксировке автомобиль и загорелся.

По всей видимости у автомобилей данного типа во время движения (хоть и буксировки) работает электрический генератор; он подает напряжение на клеммы аккумулятора для подзарядки последнего. Таким образом, на плюсовом проводе с клеммным зажимом появляется напряжение и, если он не закреплен, а брошен после снятия аккумулятора в незаизолированном виде, вполне возможно его замыкание на корпус, на другие детали автомобиля, имеющие электрический контакт с корпусом; наконец, на минусовой провод.

Горючая же паровоздушная смесь, способная воспламениться от искры, появилась в объеме моторного отсека, вероятно, за счет слишком усердного поливания «быстрым стартом».

Утечки тока

В главе 7 книги 1 упоминались довольно интересные (с экспертной точки зрения) случаи выноса напряжения на металлоконструкции (металлические крыши), в результате которых горение возникало в зоне «плохого контакта» этой металлоконструкции с заземленным предметом. Нечто подобное может иметь место и в автомобиле.

Горение может возникнуть в моторном отсеке даже в месте, где нет никаких проводов. Произойти это может в момент пуска двигателя при отсутствии металлических перемычек, соединяющих двигатель с кузовом автомобиля. Дело в том, что на некоторых марках автомобилей аккумуляторная батарея соединяется с кузовом автомобиля, двигатель же в свою очередь соединяется с кузовом с помощью, так называемой перемычки, обычно установленной в нижней части моторного отсека. Двигатель обычно закреплен на раме автомобиля с помощью резиновых виброизоляторов и электрически изолирован. Поэтому пусковой ток (не будем забывать про однопроводную схему!) проходит по всем металлическим элементам, соединяющим двигатель с кузовом, в частности, по тросу включения сцепления или дроссельной заслонки. Трос накаляется и возможно загорание его оплетки.

Необходимо отметить, что на современных моделях данная схема подключения встречается крайне редко, обычно от аккумуляторной батареи отходит несколько минусовых проводников один из которых подключается к кузову, а другой к двигателю.

Исследование дуговых оплавлений

Как уже отмечалось, электросеть автомобиля – однопроводная, с напряжением 12В, имеет очевидные отличия от обычной (220 или 380 В переменного тока). Поэтому вполне резонна постановка вопроса, имеются ли отличия в морфологических признаках следов аварийных режимов в том и другом случае и насколько известные методики дифференциации ПКЗ и ВКЗ [29–31] могут быть применены на автомобиле?

На первый вопрос в общем то отвечает практика – при исследовании пожаров на автомобилях часто находят и изымаются дуговые оплавления проводов, внешне мало отличающиеся от обычных – локальные, обычно шарообразной формы и т.д.

Менее очевиден ответ на второй вопрос – о применимости инструментальных методик, поэтому проводились ряд исследований по этому направлению.

Занимались этим вопросом и специалисты ВНИИПО [32]. В результате авторы пришли к выводу о применимости существующих методов дифференциации ПКЗ – ВКЗ для автомобильных электрических сетей.

В диссертационной работе А. И. Богатищева и последующих публикациях [33, 34] приводятся результаты моделирования коротких замыканий (с медного провода на провод или на стальную пластину, имитирующую корпус автомобиля) и перегрузки автомобильных проводов в характерных для автотранспорта условиях (постоянный ток 60А, напряжение 12 В, однопроводная схема). Остановимся на некоторых, представляющих практический интерес, результатах.

Оказалось, что при всех рассмотренных случаях КЗ возможны два варианта повреждений. В одном случае образцы разрушались непосредственно в местах КЗ. В других случаях в местах КЗ происходило лишь сплавление (залипание) контактирующих поверхностей, разрушение же проводника происходило в любом другом месте в результате его нагрева протекающим при КЗ токе перегрузки. Подобное «залипание» или «приваривание» с последующим разрушением проводника в режиме перегрузки не характерно для сетей переменного тока напряжением 220–380 В, но оно, как уже отмечалось выше, весьма характерно для КЗ в автомобильных электросетях.

Отмечается также, что если разрушение при КЗ происходило в месте соприкосновения проводников или проводника с медной пластиной, то в местах повреждения наблюдалось оплавление, размеры которого не превышали 2мм и, в большинстве случаев оплавление имело вид утолщения

шарообразной формы. Как правило, эти утолщения располагались на конце проводника, но иногда на образующей поверхности [34].

В режиме перегрузки для случая оголенного проводника и проводника в изоляции визуально наблюдались зоны оплавления достаточно большой протяженности – в пределах 20-40 мм, что существенно отличается от случая разрушения проводника при КЗ. Шарообразные оплавления, также, как и при КЗ, могут располагаться как на конце проводника, так и на образующей поверхности вблизи места разрушения. По направлению к месту разрушения, в пределах зоны оплавления, как правило, наблюдается уменьшение поперечного сечения [34].

Интересны результаты рентгеноструктурного анализа описанных выше проводов с оплавлениями. Авторы пишут, что при КЗ они вообще не обнаружили на поверхности проводника (как непосредственно у оплавления, так и в 35 мм от него) оксида меди (I), что должно трактоваться, как признак ВКЗ. Зато при перегрузке (т.е. надо понимать, при КЗ, возникшего в результате перегрузки) оксид меди (I) присутствует либо только в непосредственной близости от места разрушения, либо на всем 35-мм участке, что по канонам методик [29-31] должно трактоваться как признак ПКЗ.

Из приведенных результатов экспериментов следовало, что признаки ПКЗ (т.е. КЗ, возникшего в «допожарной» атмосфере) традиционной методикой, основанной на применении РСА, выявляют-ся только, если КЗ возникло вследствие перегрузки, а вот «чистое» КЗ – нет.

Существенные различия наблюдаются, по данным авторов, и в металлографической картине оплавлений. В частности, по методикам [29-31] в зоне оплавления образцов должно наблюдаться присутствие достаточно большого количества эвтектики ($\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O}$), но таковой в проведенных экспериментах практически не наблюдалось, а у некоторых образцов преимущественно присутствовала не равноосная структура, а вытянутая.

Структуры в зонах оплавлений, полученных при перегрузке, существенно отличались от структур, полученных в случае КЗ. Зоны оплавления имели значительно большую протяженность, нежели при КЗ. При этом в зонах оплавления можно было выделить 2 характерных участка – участок полного расплавления, расположенный непосредственно у места разрушения и участок частичного (не полного) расплавления. Структуры участков полностью расплавленного металла у проводников в изоляции и без изоляции соответствовали структурам, получаемым в сетях переменного тока 220-380В [29-31] при аналогичных случаях. Но имеется отличительная особенность – наличие участка частичного расплавления [33, 34].

Результатом приведенных выше исследований является вывод авторов о том, что в автомобильных электрических сетях, во-первых, можно отличать КЗ от перегрузки и, напротив, установление условий окружающей среды, при которых произошло повреждение проводника электрическим током, видится весьма проблематичным. Во-вторых, КЗ проводников не всегда может сопровождаться разрушением проводников непосредственно в месте КЗ – оно может произойти на любом другом участке электрической цепи в режиме перегрузки и может быть весьма значительно удалено от места непосредственного КЗ [33, 34].

С наблюдением, которое «во-вторых», можно полностью согласиться и рекомендовать его учитывать при осмотре автомобиля после пожара (попытаться поискать место первичного аварийного режима). В этом наблюдении нет, кстати, ничего удивительного – известно, что при КЗ возникает перегрузка питающего провода и горение может возникнуть на любом слабом участке этого провода; так, как известно, иногда возникают вторичные очаги (см. главу 7). Правда, в обычной электропроводке на 220, 380В провода потолще и при перегрузке скорее загорится изоляция, чем произойдет разрыв провода. Хотя при высоких кратностях перегрузки происходят и разрывы проводов.

Первое утверждение более проблематично. Во-первых, аварийный режим, произошедший в условиях, характерных «до пожара», т.е. признаки ПКЗ, все-таки выявляются, правда, не всегда. А это уже информация, пренебрегать которой не стоит. Самое плохое было бы, если бы ВКЗ по результатам анализа принималось за ПКЗ, но такого авторы [33, 34] не утверждают.

Во вторых, результаты, приводимые в [33, 34], безусловно требуют более широкой экспериментальной проверки, в том числе с моделированием вторичных аварийных режимов, влияния условий охлаждения и т.д.

Перегрузка

Перегрузка по току, не являющаяся, как в описанных выше случаях, следствием КЗ, в принципе, может быть причиной пожара в автомобиле. Хотя возможностей для этого, конечно меньше, чем в объектах «не на колесах». Здесь достаточно сложно включить дополнительные энергоемкие потребители и предохранители обычно стоят калиброванные, хотя, как и везде, могут быть исключения.

Более реальная ситуация возникновения тока перегрузки – **аварийный режим работы какого-либо устройства (электроагрегата)**. В частности, к таким агрегатам относятся электродвигатели стеклоподъемников, дворников, генератор, стартер. При этом загорание может произойти не в самом этом агрегате, а в проводе, его питающем и находящимся на достаточном удалении, но по которому проходит ток перегрузки.

В [7] приводится пример пожара в автомобиле ГАЗ 310200 «Волга». Загорание произошло после запуска двигателя, и прогрева его в течение 30-40 сек. Водитель, тронувшись с места, увидел, что из-под капота пошел черный дым. В результате пожара обгорели детали в моторном отсеке, а в жгуте проводов, проходящих через приборный щиток, на проводе, подходящем к указателю тока комбинации приборов, имелись признаки, характерные для перегрузки и КЗ. Такие же признаки имелись на этом же проводе, но на участке, подходящем к клемме втягивающего реле стартера.

Неисправным оказался и стартер. Снаружи он не имел признаков аварийного режима работы, его якорь свободно вращался. Но при частичной разборке стартера было обнаружено, что контактный диск втягивающего реле припаян к медным контактным болтам. Стало очевидно, что при запуске двигателя автомобиля произошло спекание контактного диска втягивающего реле с контактными болтами. В результате провод, соединяющий клемму втягивающего реле стартера и клемму указателя тока комбинации приборов, начал работать под перегрузкой, интенсивно нагреваться, что привело к воспламенению изоляции и распространению пожара на другие горючие материалы.

Аналогичные случаи были рассмотрены выше. Другой пример, в котором также фигурирует стартер, связан с загоранием автомобиля ВАЗ 21122 [35].

У машины, еще находящейся на гарантийном обслуживании, сгорел стартер. Машину доставили в сервис-центр, где его специалисты стартер заменили, не найдя никаких других неполадок. Однако, когда машина ехала из сервис-центра, из под капота, с левой части моторного отсека снова пошел дым. Владелица машины пыталась тушить пожар, ей помогли другие остановившиеся водители. К прибытию пожарных горение было ликвидировано с помощью нескольких порошковых огнетушителей.

В результате пожара огнем был поврежден моторный отсек и частично лакокрасочное покрытие капота.

В моторном отсеке наблюдались значительные термические повреждения, наибольшие – у левого борта. Здесь выгорела теплоизоляция капота, оплавился пластиковый корпус воздушного фильтра, выгорел подходящий к нему шланг. Оплавились также расширительный бачок системы охлаждения, бачок омывателя, бачок главного тормозного цилиндра, пластмассовый корпус аккумулятора (со стороны воздушного фильтра). Практически полностью выгорела изоляция проводов, проходящих в этой зоне, но дуговых оплавлений на них не было.

Описанные выше наиболее пострадавшие от горения детали, находились над стартером. Корпус стартера имел явные следы термического воздействия.

Исследование в лаборатории изъятых из автомобиля стартера, показало, что следы термического воздействия сосредоточены в основном по месту нахождения обмотки якоря и у крышки тягового реле. В районе расположения механизма привода шестерни корпус термически не поврежден,

сама шестерня также не повреждена и механизм, приводящий ее в действие, не заклинен. Крышка же тягового реле обуглена, контактные болты отожджены, причем наиболее сильно их внутренние части, на которых наблюдаются цвета побежалости. Обмотка же тягового реле, как показали электрические измерения, замыкала на корпус.

При разборке стартера обнаружилось также, что механизм привода шестерни, входящей в зацепление с венцом маховика, повреждений не имеет. Но обмотка якоря равномерно обгорела на всю глубину закладки, на пластинах сердечника наблюдаются цвета побежалости; две щетки приплавилась к коллектору.

Оценивая термические поражения автомобиля в целом, автор заключения [35] сделал вывод о том, что очаг пожара расположен в зоне нахождения стартера, а, принимая во внимание локализацию следов термического воздействия на корпусе стартера и его внутренние повреждения, сделал вывод о том, что «стартер вышел из строя в результате аварийного режима работы (перегрузка)».

Откуда же взялась эта перегрузка?

Данный вопрос прояснился после исследования замка зажигания. Выяснилось, что «ключ вставляется в замок до упора без усилий. Данный ключ поворачивается из положения «выключено» в положение III и при ослаблении нажима пальцев на него отщелкивается в положение II. Однако в случае, когда ключ вставлен в скважину не до упора в ходе осуществления вышеуказанного цикла были зафиксированы случаи невозврата его из положения III в положение II».

Таким образом, заключает автор, «замок зажигания при определенных условиях (ключ вставлен не до упора, с небольшим зазором) мог дать сбой и не выключить стартер из сети после запуска двигателя. В результате электропровод, через который стартер был подключен к аккумулятору, работал в аварийном режиме (перегрузка). Сам стартер также работал в режиме перегрузки и вышел из строя». Причину пожара автор формулирует как «...возгорание изоляции плюсового провода, идущего от аккумулятора к стартеру, в результате аварийного режима работы стартера (перегрузки) с последующим распространением горения на находящиеся в моторном отсеке сгораемые материалы».

Приведенный пример достаточно типичен – из-за плохо работающего (заедающего) замка зажигания пострадало немало автомобильных стартеров, хотя, к счастью, не всегда дело доходило до пожара.

Можно признать заключение автора вполне аргументированным и хорошо сформулированным.

Только вот «перегрузка» ли данный аварийный режим? А если перегрузка, то насколько она первична?

Строго говоря, перегрузкой (по току или напряжению) называется электрический аварийный режим, при котором один из указанных параметров превышает установленные для него у данного электротехнического изделия номинальные значения. В данном случае стартер не заклинил, свободно вращался, поэтому ток по своей величине не превышал номинальный, он просто протекал не кратковременно (как положено для стартера), а более длительно. Какая же это перегрузка, это просто непредусмотренные конструкцией изделия условия эксплуатации.

Перегрузка же действительно возникла, но уже на втором этапе, когда длительный нагрев, надо полагать, самых уязвимых участков цепи (обмотки якоря стартера), карбонизация изоляции отдельных витков, привел к снижению сопротивления изоляции, утечкам тока, снижению сопротивления цепи в целом и возрастанию тока в ней. Вот здесь действительно уже возникла перегрузка, в том числе подводящих проводов. Которая действительно могла привести к загоранию их изоляции.

Подобные нюансы читателю могут показаться излишними мелочами. Но их, все же, стоит отражать если не непосредственно в выводах, то хотя бы в тексте заключения.

Перегрузка проводов и их загорание может происходить и по другим механизмам. Выше приводился пример, когда от аварийного режима в генераторе (пробой диодного моста) возникала перегрузка питающего генератор от АКБ провода и изоляция провода загоралась, такие пожары были неоднократно.

При моделировании режимов КЗ в автомобилях [25, 34] отмечалось также, что при КЗ часто возникала не дуга или загорание в зоне этой дуги, а загорание провода, по которому проходил

возникший при КЗ повышенный ток. Это еще раз подчеркивает возможность существования цепочки аварийных электрических процессов, приводящих к пожару.

Выдвигая и отстаивая, в конечном счете, версию перегрузки надо пытаться идти дальше – устанавливать и объяснять, какой аварийный режим привел, собственно, к возникновению этой перегрузки?

Искать же этот аварийный блок, агрегат следует по уже упоминавшемуся принципу поиска точки с признаками аварийной работы, **наиболее удаленной** от источника питания. В рассмотренных примерах это будут стартер и генератор.

Понятно, что загорание провода при перегрузке произойдет тем скорее и вероятнее, чем хуже условия теплоотдачи с нагревающегося провода и лучше условия накопления тепла. Поэтому нагрев до температуры зажигания изоляции быстрее происходит в проводах, свернутых в бухты, а также таких, как **жгуты проводов** или дополнительные провода (вспомогательная проводка) под щитком, где вырабатываемое тепло никуда не уходит. Это может произойти без срабатывания защиты цепи.

Неисправности и механические повреждения устройств, потребляющих относительно большие токи, таких, как **двигатели стеклоподъемников**, могут также служить причиной зажигания тепло – звукоизоляции, ковров, горючего мусора, который может собираться в полостях автомобиля и под сиденьем. Ключом к установлению такой причины пожара может послужить «предпожарная история электрической неисправности» [8], т.е. показания водителя (владельца) о плохо работающем до пожара том или ином устройстве. Такая информация дает определенную ориентировку, заставляя более пристально приглядеться к тому или иному агрегату.

Большое переходное сопротивление («плохой контакт»)

Существует мнение, что искать признаки БПС на автомобиле это довольно безнадежное дело, ввиду большого количества всевозможных соединений. С другой стороны, если после пожара другие версии возникновения горения, кроме электротехнической, маловероятны, а на проводниках следов КЗ не обнаружено, то часто большое переходное сопротивление, «назначается причастным» к возникновению пожара просто методом исключения.

Подобные подходы, мягко говоря, неверны. Остатки электропроводки, контактные соединения, по крайней мере, находящиеся в очаговой зоне, надо изымать и исследовать на предмет обнаружения физических признаков БПС. Тем более, что для этого существуют специальные методики.

Пример эффективности такого исследования приведен в главе 7 книги 1 на примере пожара в автомобиле AUDI A8.

Взрыв аккумуляторной батареи

При осмотре автомобиля после пожара во многих случаях приходится констатировать частичное или полное разрушение его вторичного источника тока – аккумуляторной батареи (АКБ). Конечно, разрушение аккумуляторной батареи, может быть (и чаще всего является) следствием развития пожара в автомобиле. Но не исключена и обратная последовательность событий – взрыв батареи, а затем пожар.

В работе [94] авторы (С.П.Курчаткин, В.А.Павлов), подводя итог экспертному исследованию 97 АКБ отечественных и зарубежных производителей (в том числе 18 с признаками взрыва), приводят весьма полезные для пожарно-технической экспертизы сведения, на которых мы и остановимся.

При зарядке и хранении свинцово-кислотных автомобильных аккумуляторных батарей (АКБ), как известно, выделяется водород, который в определенных ситуациях может образовывать с воздухом взрывоопасную смесь.

Источником зажигания такой смеси может быть искрообразование во внутреннем газовом объеме АКБ, либо наличие источника зажигания (открытый огонь, искра) у выхода вентиляционных отверстий в крышке АКБ или в пробках горловин ячеек.

Внутри АКБ искрение может возникать при низком (ниже верхних кромок пластин) уровне электролита, а также в режиме жесткого перезаряда АКБ с интенсивным газовыделением [94].

Степень разрушения батареи при взрыве может быть различна, но общим признаком является то, что наибольшим разрушениям подвергаются крышка и верхние части стенок АКБ, т.е. поверхности, ограничивающие газовый объем. Средняя и нижняя части корпуса повреждаются только в результате распространения трещин сверху вниз, а донная часть вообще сохраняется. Такая картина отличается от последствий механического повреждения АКБ, когда часто повреждается днище, деформируется пакет электродных пластин и т.д. В то же время, при внешнем тепловом воздействии на АКБ в ходе развития пожара также может в большей степени пострадать её верхняя часть. Поэтому не стоит ограничиваться внешним осмотром АКБ; имеет смысл обратить внимание на её внутренние детали.

В [94] указывается, что при исследовании разрушенной АКБ в первую очередь необходимо обратить внимание на состояние массивных токоведущих элементов – полюсных выводов, борнов, мостиков, к которым крепятся ушки электродных пластин, сварных соединений между мостиками. Эти элементы находятся (или могут находиться) выше уровня электролита, поэтому нарушение электрического контакта при протекании тока через АКБ может привести к искрообразованию и, при взрывоопасной концентрации водорода в объеме, к взрыву. Признаки «плохого контакта» в данном случае могут выявляться и фиксироваться методами, описанными в главе 7 книги 1.

К взрыву батареи может приводить разрушение борна полюсного вывода, связанное, например, с внутренним дефектом материала, что способствует локальному разогреву и оплавлению металла на части сечения борна. Кроме того, в качестве реальных примеров дефектов, приводящих к взрыву АКБ, указывается разрушение мостика по месту соединения с ушком пластины в результате перегрева из-за некачественно выполненной сварки (ушко пластины не имело сварного контакта с мостиком). Разрушение другого мостика было связано с его механическим изломом под действием веса пластин, поскольку, как было установлено при совмещении поверхностей разделения, до разрушения мостика пакет не имел опоры на донную часть корпуса АКБ. Разрушение третьего мостика электродных пластин также было следствием дефекта материала/сварки. При этом отмечается, что перегрев данного межэлементного соединения вследствие чрезмерно больших пусковых токов через батарею в данном случае исключен, поскольку образование системы трещин было зафиксировано только на двух мостиках данной АКБ при отсутствии каких-либо подплавлений поверхности внешних полюсных выводов [94].

Причиной взрыва АКБ может быть ее производственный дефект, заключающийся в том, что верхние кромки конвертов сепараторов расположены ниже, чем верхние кромки электродных пластин. В этом случае при колебаниях уровня электролита в ячейке, например, при наклоне автомобиля возникают реальные предпосылки к искрообразованию в газовой среде и взрыву.

Как уже отмечалось, взрыв АКБ может произойти при недопустимо низком уровне электролита. В [94] указывается, что для батарей, эксплуатировавшихся в течение нескольких месяцев и более, уровень электролита в той или иной аккумуляторной ячейке, как правило, может быть установлен по отложениям взвеси активной массы в электролите на внутренних поверхностях стенок корпуса.

Признаком разрушения АКБ в результате повышенных пусковых токов или приведения батареи в режим КЗ является оплавление нескольких межэлементных соединений и разрыв внутренней электрической цепи [94].

Конечно, указанные признаки в ходе пожара могут нивелироваться и даже исчезнуть, перегрузка и КЗ батареи могут возникнуть уже в ходе пожара. Тем не менее из вышесказанного следует, что осматривать АКБ и ее остатки после пожара следует непременно. Иначе эксперта, как минимум, могут упрекнуть в игнорировании одной из возможных версий. Наличие же или отсутствие указанных признаков – важная криминалистически значимая информация, помогающая реконструкции исследуемого пожара.

15.5. Аварийные режимы в дополнительно устанавливаемых сервисных устройствах

- Системы сигнализации и дополнительного освещения
- Подогреватели двигателей
- Устройства обогрева сидений

К подобным устройствам могут относиться охранная сигнализация, аудиосистемы, системы связи, дополнительные приборы освещения, подогрева двигателя и сидений и т.д.

Причастность к возникновению пожара подобных устройств в ряде случаев требует особо серьезных доказательств, т.к. они могут быть смонтированы не заводом-изготовителем автомобиля и установленная экспертом причина пожара является ключом к решению вопроса о том, кто несет финансовую ответственность за случившееся.

Остановимся на некоторых подобных системах.

Системы сигнализации и дополнительного освещения

В электропроводке систем сигнализации могут возникать те же аварийные режимы, что и в штатной проводке – КЗ, перегрузки, большие переходные сопротивления.

Многие из этих устройств изначально достаточно совершенны и пожаробезопасны; причиной пожара часто оказывается низкое качество и непродуманность монтажа их на автомобилях.

Часто подключение этих устройств производится не к штатным, специально выделенным для этого разъемам, а «врезкой» в электропроводку автомобиля. При этом соединение жил производится в скрутку одним-двумя витками. При прокладке дополнительных проводов инструментом часто повреждают как штатные провода, так и провода устанавливаемой системы.

Для того, чтобы проложить провода сигнализации по кратчайшей или наиболее удобной трассе, часто в металлических перегородках сверлят дополнительные отверстия и их острые края при вибрации автомобиля постепенно разрушают изоляцию проходящего через отверстие провода. Полиэтиленовая и полихлорвиниловая изоляция проводов значительно повреждается и на стадии монтажа, когда их с усилием протягивают через штатные или вновь просверленные отверстия. Такие провода – «первые кандидаты» на возникновение неполного КЗ и утечки тока – если не сразу, то со временем, в ходе эксплуатации автомобиля.

Возникновение аварийных режимов может быть следствием применения оборудования, не предназначенного для эксплуатации в наших климатических условиях – не обладающей необходимой морозостойкостью (растрескивание изоляции при низких температурах) и влагостойкостью (возникновение утечек тока и неполных КЗ).

Перегрузка жил штатной проводки может возникать вследствие подключения дополнительных приборов освещения с лампами повышенной мощности. Это не всегда сразу приводит к возникновению горения, но длительная эксплуатация проводников при повышенной токовой нагрузке провоцирует их ускоренное старение и, в конечном счете, возникновение КЗ.

Если при осмотре автомобиля после пожара выясняется, что в зоне горения, а, тем более, очаговой зоне находится такого рода устройство или проходят принадлежащие ему провода, причастность данной системы к возникновению пожара требует тщательного анализа.

Не нужно забывать об осмотре и фиксации состояния предохранителей. У охранной системы их (минимум 2 штуки) устанавливают в салоне под панелью приборов с левой стороны, реже – в месте нахождения штатного блока предохранителей.

Особо надо обратить внимание на участки проводки, где провода изгибаются, проходят через отверстия, контактируют с заземленными деталями автомобиля, имеющими острые кромки или вибрирующими, периодически движущимися. Там в первую очередь возможно замыкание.

При обнаружении дуговых оплавлений или контактов, в которых можно заподозрить БПС, их нужно изымать для лабораторных исследований. При этом очень важно с самого начала **процессуально зафиксировать признаки, указывающие на то, что это нештатная (или, наоборот, штатная) проводка**. В противном случае в дальнейшем гарантированы долгие и безуспешные разбирательства, кто виноват в произошедшем пожаре – изготовитель автомобиля или фирма, установившая сигнализацию.

Несмотря на очевидность вышесказанного, ситуация, когда непонятно, какой системе принадлежат изъятые провода, очень распространена, это частая ошибка как дознавателей, так и специалистов (экспертов), помогающих эти провода изымать. Хорошо, если для установки дополнительной системы были использованы провода, отличающиеся от штатных. Тогда при лабораторных исследованиях проводов можно будет установить их принадлежность, исходя из морфологических признаков – сечения, числа проволок в жиле. В противном случае задача становится неразрешимой или трудноразрешимой – понадобится сравнительный элементный анализ, да и тот не гарантирует успеха.

Поэтому, обнаружив провода с указанными выше признаками аварийной работы, надо все-таки не просто записать в протоколе, где они находятся, но и попытаться разобраться, **куда они ведут**, к каким деталям, контактам подсоединены. И процессуально зафиксировать эту информацию.

В качестве примера можно привести пожар, произошедший в автомобиле ВАЗ 21150. В процессе экспертного исследования было установлено, что причиной пожара послужил аварийный режим работы электрооборудования автомобиля, а именно – короткое замыкание. Однако в дальнейшем возник вопрос, в какой цепи произошло первичное короткое замыкание – в штатной или нештатной.

Согласно заключению ИПЛ, первичное короткое замыкание имело место на проводнике диаметром около 2 мм. Более подробная информация о данном проводнике (количество жил, их диаметр и т.п.) в данном заключении отсутствовала, а проводники на момент судебного разбирательства были утрачены, как и сам автомобиль. В то же время, из протокола осмотра места происшествия следовало, что проводники с оплавлениями были обнаружены в 4 зонах.

Первая зона – «...плюсовой провод от клеммы плюса аккумуляторной батареи до плюсовой клеммы генератора...»; вторая зона – «...от клеммы плюса аккумуляторной батареи до плюсовой клеммы стартера...»; третья зона – «...в зоне пучка проводов, идущих к системе управления двигателя...»; четвертая зона: «...в пучке проводов датчика массового расхода воздуха...» [36].

В процессе судебного разбирательства у ОАО «АВТОВАЗ» была запрошена и передана эксперту информация о проводниках находящихся в данных зонах.

От установщиков охранной системы была запрошена информация о местах подключения и способах прокладки кабелей, и также данные о самих кабелях. Ответа, однако, получено не было. Фирма сослалась на то, что способы прокладки жгутов на каждом автомобиле определяются индивидуально.

Исходя из полученной от ОАО «АВТОВАЗ» информации, было установлено, что в первой и второй зонах на данной марке автомобиля штатные проводники с таким диаметром отсутствуют.

Учитывая то обстоятельство, что пожар произошел во время стоянки, то есть когда датчик массового расхода воздуха при выключенном зажигании находился в нерабочем состоянии и обесточен, можно было исключить и возможную причастность к возникновению горения датчика и питающих его проводов. При этом наличие оплавлений можно было объяснить, например, выносом напряжения на данный проводник, возникшим в результате воздействия пожара.

Таким образом, получалось, что аварийный режим, приведший к возникновению горения, мог произойти только в «зоне пучка проводов, идущих к системе управления двигателем».

В то же время, из Протокола осмотра места пожара и других представленных документов было совершенно не ясно, каково конкретное местоположение и размеры данной «зоны». В ней могли находиться как штатно установленные проводники, так и проводники дополнительного оборудования. Причем, штатно установленные проводники в данной зоне могли идти не только к системе управления двигателем, но и к потребителям других систем автомобиля. Исходя из этого, установить, какой системе (штатной или не штатной) принадлежал проводник, на момент судебного разбирательства и выполнения данной экспертизы не представилось возможным [36].

Заметим, однако, что всех этих сложностей, так и не закончившихся успехом, можно было бы избежать в случае добросовестного и профессионального осмотра электропроводки автомобиля после пожара.

Подогреватели двигателей

Электроподогреватели для предпускового подогрева двигателей (ЭП) выпускаются, в частности, ЗАО «Тюменский завод автотракторного электрооборудования». Изделия имеют марки: ЭМ-1,0-220; ЭМ-1,5-220, ЭМ-2,0 -220 и мощность соответственно 1; 1,5; 2 кВт.

ЭП устанавливается в моторном отсеке автомобиля, соединяется с системой охлаждения и подогревает находящуюся в ней жидкость (тосол). В корпус ЭП вмонтировано термореле, автоматически отключающее ТЭН при нагреве охлаждающей жидкости до предельной температуры.

По данным [4], в ЭП возможен следующий аварийный режим. При снижении температуры окружающей среды до порога замерзания охлаждающей жидкости происходит ее кристаллизация в подводящих патрубках ЭП. При включении ЭП в сеть происходит нагрев и вытеснение по выпускному патрубку охлаждающей жидкости. Но из-за кристаллизации ее во впускном патрубке, в ЭП жидкости поступает недостаточно, ТЭН перегревается, происходит его разрушение, в т.ч. взрывообразное. Были случаи, когда взрыв ТЭНа сопровождался воспламенением моторного отсека двигателя.

У электрического провода, питающего ЭП, может перетираться изоляция о движущиеся части автомобиля с последующим возникновением КЗ.

Автономные отопительно-подогревательные устройства могут приводить к загораниям, при которых источниками загорания являются как их собственные нагретые поверхности, так и выхлопные газы.

В качестве примера можно привести пожар, произошедший в автомобиле «Land Rover Discovery 3».

Во время работы подогревателя водитель обнаружил горение в районе его установки и ликвидировал возгорание в начальной стадии, однако, учитывая высокую стоимость самого автомобиля, ущерб от пожара составил около 300 тыс. рублей.

В процессе расследования была выявлена интересная деталь. На автомобилях данной марки, начиная с 2006 года, около выхлопной трубы стали устанавливать разъем жгута электропроводников (рис. 15.3). До этого данный жгут проходил совершенно в другом месте. В результате расстояние от жгута до выхлопной трубы составило менее 5 см.

В процессе эксплуатации провисший жгут пришел в соприкосновение с нагретой поверхностью системы выпуска предпускового подогревателя, что и привело к воспламенению изоляции электропроводников и послужило причиной описываемого пожара.

В [39] приводится пример пожара в автобусе Икарус-256.

Отопительное устройство (котел) типа «268» был установлен под кабиной водителя, в левом боковом отсеке автобуса. Он был включен для прогрева двигателя автобуса перед выходом на линию и оставлен без присмотра. Выхлопной патрубков котла находится на расстоянии около 35 см от уровня земли (пола гаража). Температура выхлопных газов может достигать, как известно, 500 °С. Судя по данным [39], пожар произошел при нагревании горючих материалов вне автобуса выхлопными газами.

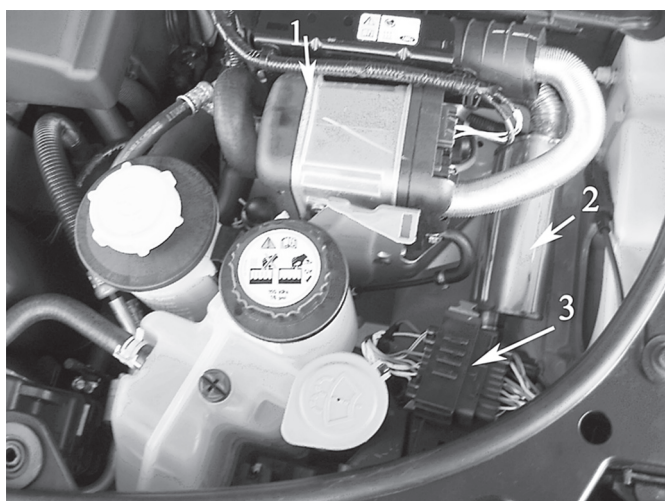


Рис. 15.3. Левая передняя часть моторного отсека автомобиля «Land Rover Discovery 3»

1 – предпусковой подогреватель; 2 – система выпуска отработавших газов предпускового подогревателя; 3 – штатный разъем жгута электропроводников автомобиля

Устройства обогрева сидений

Пожары подобного рода редки, обычно дело ограничивается локальным выгоранием сидения. Но очевидно, что обстоятельства могут сложиться таким образом, что дело дойдет и до серьезных последствий.

Приведем пример инцидента, произошедшего в автомобиле ВАЗ-21144 и описанного в заключении по причине пожара, подготовленном Саратовской ИПЛ [40].

Из объяснения водителя автомобиля следовало, что в 14 часов он приехал в офис и оставил автомобиль. Запаха дыма и других признаков горения не было. Вернувшись к автомобилю в 16 часов 50 минут и открыв дверь, «...он почувствовал запах дыма и увидел, что водительское сидение оплавлено и обгорело изнутри».

«При осмотре автомобиля специалист обнаружил, что внутренняя обшивка салона слабо закопчена. На переднем левом сидении посередине имелся целевой прогар в тканевом покрытии. Находившийся под тканью поролон также обуглился в виде неправильной формы полосы, повторяющей контур смонтированного внутри одножильного стального провода диаметром 2 мм. Провод имел частично поврежденную огнем изоляцию и излом с правой стороны сидения. Нагреватель, судя по имеющейся на ткани маркировке, имел мощность 40 Вт».

Приведенные в заключении фотографии (рис. 15.4 и 15.5) не оставляют сомнения в причастности именно обогревателя к обгоранию сидения.

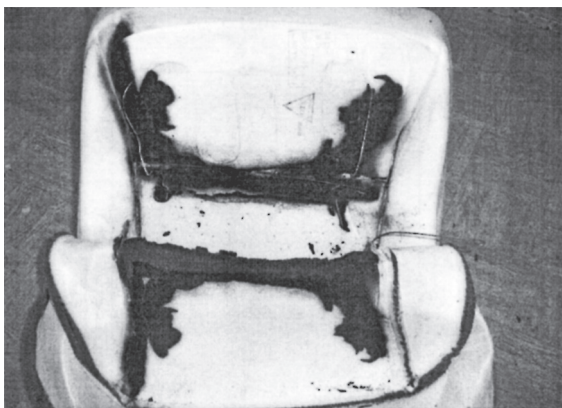


Рис.15.4. Термические повреждения сидения автомобиля

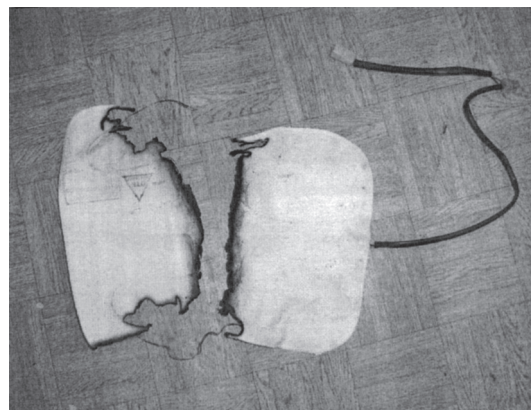


Рис. 15.5. Термические повреждения подушки подогрева сидения [40]

Автор заключения, безусловно, прав, когда называет технической причиной пожара тепловой эффект, возникший при аварийном режиме работы электросети обогрева переднего левого сидения. Непонятно только, что это за аварийный режим, в результате которого резко возросли температура нагревателя и тепловыделение, приведшие к обугливанию сидения.

15.6. Утечка горючих жидкостей и их загорание при контакте с горячими поверхностями и от иных источников зажигания

- Утечка топлива
- Утечка масел
- Утечка тормозной жидкости
- Разгерметизация систем охлаждения
- Загорание вытекших горючих жидкостей от других источников зажигания и при дорожно-транспортных происшествиях
- Применение инструментальных и расчетных методов при отработке версии о загорании топлива при утечке

Воспламенение горючей жидкости в автомобиле может произойти по следующим причинам:

а) при утечке горючей жидкости и попадании на нагретые поверхности выпускного тракта.

Уже отмечалось, температура отработанных газов по длине выпускного тракта составляет 800–830 °С, а температура поверхностей 710–770 °С [6]. Эти значения температуры намного превышают температуру самовоспламенения большинства горюче-смазочных материалов, используемых в автомобиле [41].

б) при воспламенении смеси паров горючей жидкости с воздухом от иных источников зажигания.

Воспламенение данной смеси может произойти только тогда, когда концентрация паров горючей жидкости превысит нижний концентрационный предел ее воспламенения. Так, например, нижний концентрационный предел воспламенения бензина АИ-92 равен 0,79 % об., и данный «порог» достигается уже при температуре минус 27 °С [42, 43].

Источником зажигания, способным воспламенить вышеуказанную смесь, может выступить и «рабочее искрение», имеющее место в автомобиле при работающем двигателе, например, искрение системы зажигания, щеток коллектора генератора и т.п., поскольку минимальная энергия для зажигания такой смеси составляет всего 0,4 мДж [43].

К счастью, моторные отсеки автомобилей не герметизированы, в них существует интенсивный воздухообмен с окружающей средой, поэтому *во время движения* концентрация паров вряд ли может достигнуть опасных значений и воспламенение практически исключается.

Однако во время стоянки с работающим двигателем, или во время остановки на светофоре данный инцидент вполне может произойти, особенно в безветренную погоду. При этом обычно очевидцы происшествия слышат хлопок, после чего возникает горение, а внутри моторного отсека формируется соответствующая картина термических поражений – наблюдается поверхностное обгорание материалов практически по всему объему отсека, преимущественно в верхней части. Конечно, с увеличением продолжительности горения данная картина существенно меняется.

Кроме бензина или дизельного топлива, в автомобиле содержится достаточно других горючих жидкостей. Возможность зажигания этих жидкостей зависит от их свойств, физического состояния, природы источника зажигания и других факторов.

Ниже мы более подробно остановимся на характеристиках горючих жидкостей, присутствующих в автомобиле, а также возможностях их загорания при утечке.

Утечка топлива

Система питания двигателя, как известно, обеспечивает подачу в него топлива (чаще всего бензина) и воздуха. Основные узлы этой системы: топливный бак, топливный насос, устройство для создания горючей смеси (карбюратор, инжектор и т.п.), топливопроводы. Топливная система автомобиля изолирована по отношению к окружающей среде, поэтому топливо может образовывать взрывоопасную и горючую среду *только при разгерметизации* системы.

Наибольшую опасность представляет разгерметизация на *сливном топливопроводе*, так как возможные при этом утечки не повлияют на работу двигателя, и они могут длительное время оставаться незамеченными. Также могут быть не замечены и утечки, происходящие после топливного насоса на *подающем топливопроводе*, так как его производительность практически в 10 раз превышает потребность двигателя в горючей смеси [44]. И даже, если произойдет полный обрыв гибкого шланга, двигатель будет работать некоторое время, пока не израсходует весь запас бензина, находящегося в карбюраторе или пока не спадет давление в рампе форсунок для инжекторной системы питания.

В большинстве автомашин наиболее вероятные места утечки топлива – это места соединения неподвижных элементов с помощью гибких шлангов.

В автомобилях с различными, отличающимися системами впрыска, двигателями, процесс утечки имеет некоторые особенности, поэтому рассмотрим его отдельно для каждого типа двигателей.

Автомобили с карбюраторными двигателями

В карбюраторных двигателях топливная система в пределах моторного отсека включает части металлических трубопроводов, гибкие прорезиненные топливопроводы (резиновые шланги), один или несколько топливных фильтров, бензонасос, карбюратор, впускной коллектор. В зависимости от конструктивных особенностей автомобиля, топливопроводы могут работать под атмосферным или избыточным давлением, или под разрежением.

При механическом бензонасосе участок от бензонасоса до карбюратора находится под избыточным давлением, а от бензонасоса до топливного бака при работающем насосе под разрежением. За счет этого насос засасывает из бака топливо, иногда через установленный на трассе фильтр предварительной очистки.

В некоторых автомобилях в системах питания предусмотрена линия слива излишков топлива в бензобак, находящаяся под атмосферным давлением.

Места соединений топливной системы обычно герметизируются с помощью хомутов. Хомуты могут быть не затянуты или отсутствовать вообще. В этом случае возможно подтекание топлива через неплотности или вообще срыв шланга со струйным истеканием топлива.

Незатянутыми соединениями, в том числе на топливных линиях, часто отличаются новые автомобили. Дополнительно способствует ослаблению любых винтовых соединений вибрация при движении автомобиля.

Н.М. Булочников с соавторами [7, 41] приводят пример загорания автомобиля Волга ГАЗ 3110, которое, как показал осмотр моторного отсека, произошло по причине отсутствия уплотнительного хомута в месте соединения топливного шланга и фильтра тонкой очистки. Этот участок находится под давлением и часть топлива выбрасывало в объем моторного отсека.

Там же приводится пример пожара в автомобиля BMW 750, произошедшего во время движения. Водитель почувствовал запах бензина и обратил внимание на то, что автомобиль начал «плохо тянуть». А водитель другого автомобиля при обгоне заметил под днищем BMW пламя. Остановившись, водитель BMW увидел, что из-под днища (примерно в месте расположения педалей автомобиля) действительно выбивается пламя. Ручными огнетушителями ликвидировать горение не удалось, автомобиль сильно обгорел. При осмотре его было установлено, что пожар возник в результате воспламенения паров бензина, вытекающего из раз-

герметизированной топливной системы в районе расположения гибких топливных шлангов в моторном отсеке.

Другой автомобиль той же марки загорелся в движении, при этом водитель и пассажиры ощущали в салоне запах бензина. Выяснилось, что за 10 дней до пожара автомобиль был на техническом обслуживании, где был заменен гибкий топливный шланг. Остатки шланга после пожара сохранились под обжимным хомутом, и его анализ показал, что шланг не является бензостойким штатным изделием. Десяти дней эксплуатации шланга хватило, чтобы произошло частичное его разрушение, разгерметизация топливопровода с вытекающими из этого последствиями.

Причины разгерметизации топливной системы могут быть самые нелепые. В Санкт-Петербурге в 90-е годы прошлого века был случай, когда в автобусе ЛАЗ забарахлил двигатель, расположенный у автобусов этой марки сзади. Водитель высадил на время пассажиров и занялся ремонтом. При этом он разобрал карбюратор и попытался завести двигатель. Бензин выбросило на разогретый во время движения коллектор, возникло горение, быстро распространившееся в салон. Автобус сгорел.

Автомобили с инжекторными двигателями

Инжекторные системы в настоящее время практически вытеснили карбюраторные и устанавливаются практически на всех выпускаемых легковых автомобилях.

В мире разработано и серийно выпускается большое разнообразие систем управления двигателями. Эти системы по принципу действия имеют много общего, но и существенно отличаются. Впрыск может осуществляться *постоянно и импульсами*.

При постоянной подаче топлива его количество изменяется за счет изменения давления в топливопроводе, а при импульсном – за счет продолжительности импульса и его частоты, при этом давление в топливопроводе остается неизменным. Двигатели с импульсной системой имеют ряд преимуществ перед системами с постоянным впрыском, а именно; менее сложную конструкцию и более низкое давление в системе. Поэтому они получили широкое распространение и на современных легковых автомобилях практически вытеснили двигатели с постоянным впрыском.

Более высокая пожарная опасность инжекторных систем, по сравнению с карбюраторными, в первую очередь, связана с более высоким давлением топлива и как следствие, большей вероятностью возникновения его утечек. Впрыскивание осуществляется под абсолютным давлением 200–400 кПа в импульсных системах и до 620 кПа – в системах с постоянной подачей топлива. Данное давление сохраняется в системах впрыска и при неработающем двигателе [44].

Топливный насос электрического типа, устанавливаемый на всех инжекторных двигателях (иногда, используется два насоса), может располагаться как вне бака, так и непосредственно быть погруженным в бензин в баке. Он представляет собой объединенный агрегат – электродвигатель постоянного тока и собственно насос. Производительность его постоянна, то есть не зависит от оборотов двигателя и обычно составляет около 2 л/мин [45], что существенно превышает потребность двигателя.

В системах управления устанавливаются десятки датчиков, которые служат для преобразования неэлектрических показателей в электрические, а это потенциальные источники зажигания утечек горючей жидкости. Например, в настоящее время широкое распространение получил датчик массового расхода воздуха термоанемометрического типа. Существенную пожарную опасность данного устройства вносит так называемый режим «самоочистки нагреваемой платиновой нити» – через определенный промежуток времени она на несколько секунд нагревается примерно до 1000 °С [45]. Нетрудно предположить, что произойдет если на нее, в процессе эксплуатации, попадет какой-либо горючее вещество или материал.

Загорания автомобилей с инжекторным двигателем в результате утечки бензина из топливопроводов очень похожи на описанные выше для машин с карбюраторными двигателями.

В заключении экспертов [46] приводятся результаты исследования пожара автомобиля Шевроле Ланос. Загорание произошло во время движения автомобиля. По показаниям водителя, сначала загорелась аварийная лампочка указателя топлива. Остановив машину, водитель

почувствовал запах дыма. Дым был сзади автомобиля, а когда водитель открыл багажник, то дым повалил и из багажника, затем показался огонь в районе заднего колеса и бензобака. Затушить огонь огнетушителем не удалось, он быстро распространился по площади машины.

По мнению экспертов, очаг пожара находился на днище, в области расположения резонатора выпускной системы. Эксперты резонно отметили, что штатную пожарную нагрузку в этой зоне составляет только антикоррозийное покрытие днища и в данном случае очевидно, что имела место дополнительная легкогорючая пожарная нагрузка. Характер термических поражений в очаге – наличие четкой характерной границы между поврежденной и неповрежденной зонами покрытия – также свидетельствовал о том, что на поверхности днища происходило горение жидкости. В автомобиле этой марки, как и у многих других, по днищу кузова параллельно выпускной системе проходят магистрали топливной и тормозной систем. Утечка топлива, как полагают эксперты, возникла в области присоединения к модулю топливного насоса магистралей топливопроводов. Исходя из того, что при наличии утечки топлива автомобиль, по показаниям водителя, продолжал движение, утечка могла возникнуть лишь из магистрали обратного топливопровода.

Топливопроводы в очаговой зоне представляли собой магистраль, состоящую из двух частей – металлической и из полимерного материала. Металлическая часть проходит по днищу, полимерная – соединяет металлические части топливопроводов с модулем бензонасоса. К сожалению, в результате пожара полимерная часть полностью сгорела, и точно установить место и причину разгерметизации не представилось возможным.

В [7] приводится пример пожара автомобиля ВАЗ 21093i; у этого автомобиля из-за коррозии образовалось микроскопическое отверстие в металлическом топливопроводе, из которого под давлением выбрасывалось топливо.

В заключении Ю.В. Калинина [47] приводится пример загорания довольно распространенного в России легкового автомобиля DAEWOO MATIZ.

Пожар произошел зимой. Со слов хозяина автомобиля, он, находясь на работе, периодически прогревал двигатель автомобиля до рабочих температур, после этого глушил двигатель, закрывал на замок и возвращался на рабочее место. После очередного запуска, вернувшись на рабочее место, он услышал хлопок и, выглянув в окно, увидел дым, идущий из моторного отсека. Потушил пожар владелец с помощью первичных средств пожаротушения.

В результате пожара обгорело лакокрасочное покрытие на капоте и передних крыльях автомобиля, разрушено лобовое стекло, остальное остекление, кузов и задняя часть автомобиля не пострадали.

В моторном отсеке оплавилась алюминиевые части и агрегаты двигателя, огнем уничтожены передние приборы освещения и передний пластмассовый бампер.. Внутри салона оплавилась и обгорела внутренняя отделка салона, панель контрольно-измерительных приборов и органов управления с правой стороны по ходу движения автомобиля.

На днище автомобиля признаки теплового воздействия были сосредоточены около картера двигателя и на приемной трубе, в районе моторного отсека.

В результате осмотра был сделан вывод, что наибольшие термические повреждения сосредоточены в моторном отсеке, с правой стороны по ходу автомобиля, у перегородки, разделяющей моторный отсек и салон – там, где расположены топливная рампа с форсунками, бачок гидравлического усилителя рулевого управления, расширительный бачок системы охлаждения. В этом месте лакокрасочное покрытие обгорело до металла.

По показаниям владельца, когда он подбежал к машине, он увидел, что горение происходило в моторном отсеке, с правой стороны.

Учитывая вышеизложенное, эксперт сделал вывод о том, что очаг пожара действительно расположен в моторном отсеке, с правой стороны по ходу движения.

Осмотр электропроводов вблизи очаговой зоны не выявил на них признаков аварийных режимов. Топливная же аппаратура была сильно разрушена. Пластиковый топливопровод, проходящий от бака по днищу автомобиля и закрепленный пластмассовыми защелками к топливной рампе, выгорел от рампы до правого лонжерона. Сильные локальные термические повреждения наблюдались

в месте соединения пластикового трубопровода с топливной рампой. Под этим местом, на корпусе приемной трубы выхлопного тракта в нижней части автомобиля имелись «следы локального высокотемпературного нагрева и максимальный отжиг металла».

Эксперт вполне обоснованно заключил, что «наиболее вероятной причиной пожара послужило воспламенение газопаровоздушной смеси в моторном отсеке автомобиля в результате разгерметизации топливной системы (разрушение пластикового трубопровода и попадание ЛВЖ на горячие агрегаты двигателя)».

В случаях, подобных описываемому, у экспертов иногда возникает проблема – что считать очагом пожара – место, где произошла утечка горючей жидкости или расположенная, возможно, в совсем другом месте, «горячая поверхность», куда эта жидкость стекла и загорелась? Очевидно, что очагом пожара следует считать второе место – зону непосредственного инициирования горения.

Наибольшие же термические поражения в месте, откуда вытекала горючая жидкость, характеризуют, по сути, очаг горения, а не очаг пожара. Последний расположен ниже, на выхлопной трубе. В очаге горения же была экстремально высокая, дополнительно появившаяся пожарная нагрузка – вытекающий и горящий факелом бензин.

Нужно отметить, что эксперт, которого мы процитировали выше, удачно ушел от обсуждения этих тонкостей, очертив очаговую зону довольно широко – «в моторном отсеке, с правой стороны по ходу движения». Сюда попадает и очаг пожара, и очаг горения.

Осмотр топливной системы после пожара

На отдельные слабые места топливных систем автомобилей, разгерметизация в которых может привести к утечке топлива и пожару, мы уже указали.

Ниже попытаемся акцентировать внимание на информации, которая может быть получена из исследования (в основном визуального) отдельных узлов и деталей топливной системы автомобиля. За основу приведенных ниже рекомендаций взяты в целом разумные требования стандарта NFPA 921 (США) [8].

а) Бензобак

Бензобак имеет смысл обследовать на предмет повреждений или отверстий. Особое внимание следует обращать на состояние трубок подачи топлива. Эти трубки часто состоят из двух частей, соединенных гибкими шлангами из резины или полимеров. Утечка топлива может произойти из-за механического повреждения этого соединения или под воздействием огня снаружи. Некоторые фильтры вставлены в бак через резиновую или полимерную втулку или прокладку. Удары при столкновении или тряска на плохой дороге могут вызвать разъединение системы трубок и бака, и разлив топлива.

Наличие или отсутствие пробки бака и любые повреждения, механические или от огня, на конце заливной горловины бака, должны быть отмечены. Если пробку бака сорвало в ходе пожара за счет повышения давления паров в баке, то должна быть нарушена резьба или развальцовка на горловине. Иная ситуация (отсутствие пробки, но целая горловина – подозрительна). Нужно, правда, иметь в виду, что многие пробки имеют пластмассовые компоненты или компоненты из легкоплавкого металла, которые разрушаются при пожаре и металлические части могут выпасть, потеряться или упасть в бак.

б) Системы подачи топлива и возврата лишнего топлива (так называемая «обратка») должны быть обследованы на предмет разрывов и признаков повреждений. В этих системах обычно имеются шланги из резины или гибких полимеров.

Желательно обследовать и оценить состояние систем, проходящих возле каталитического конвертора и везде, где неметаллические участки системы подачи топлива и возврата паров проходят возле выхлопной трубы или других источников тепла, или в тех местах, где возможно их перетирание.

в) Механические топливные насосы. Механические топливные насосы устанавливаются на блоке цилиндров и только тогда подают топливо, когда двигатель работает. Их надо обследовать на предмет протекания диафрагмы (перегородки) или механического повреждения в результате аварии.

г) Электрические топливные насосы. Многие современные автомобили, особенно те, у которых топливо впрыскивается (инжекторные двигатели), снабжены электрическими топливными насосами.

Действия этих насосов регулируются электроникой и они получают энергию от работающего двигателя непрямым способом. Эти топливные насосы могут быть установлены внутри топливных баков, присоединенных к раме автомобиля или находиться в моторном отсеке.

Некоторые системы впрыска топлива имеют два электрических насоса, первичный и вторичный, которые увеличивают давление в две стадии. В такой системе первичный топливный насос имеет резервуар, в котором содержится 100-150 мл бензина.

В качестве меры безопасности для предотвращения работы топливных насосов после столкновения или когда двигатель не работает, изготовители автомобилей используют инерционные переключатели, которые обесточивают топливный насос в случае столкновения или неожиданной остановки. Эти инерционные переключатели обычно устанавливаются в багажнике автомобиля или под приборным щитком. Датчики работы двигателя или переключатели давления масла предназначены для обесточивания топливных насосов, когда двигатель не работает. Однако, при выходе из строя этих переключателей, в том числе в ходе пожара, топливные насосы продолжают работать, подавая горючее и способствуя распространению горения.

После того, как электрический топливный насос обесточен, в линии подачи топлива может сохраняться остаточное давление. Поломка линии подачи может служить причиной утечки литра или более бензина.

д) Карбюраторы. В автомобильном карбюраторе содержится маленькое количество бензина (около 150 мл). Во время удара при ДТП он может получить повреждение, бензин вытечет и загорится. Нужно обращать внимание, был ли на месте воздухоочиститель и обращать внимание на любые повреждения фильтра или наличие сажи внутри, которые могут указывать на то, что карбюратор был источником зажигания.

е) Системы впрыска топлива (инжекторы). Большинство систем впрыска топлива, как отмечалось выше, работают под давлением. В их состав входят линии возврата топлива, которые подают неиспользованный бензин и его пары назад в бак горючего. Даже маленькое отверстие, например, дырка размером в диаметр булавки или неплотное соединение могут быть причиной попадания струи топлива в моторный отсек. Это обстоятельство требует внимательного осмотра после пожара всей системы впрыска, включая топливпровод [8].

Условия воспламенения топлива при утечке

Как отмечалось выше, температура выпускного тракта автомобиля может быть выше 700 °С, а температура самовоспламенения бензина – 573 °С, дизтоплива – 623 °С, моторного масла – 613 °С [43]. Казалось бы, при их попадании на горячие трубы коллектора, воспламенение неизбежно. Но оно возможно только при определенных условиях.

По данным специалистов ВИПТШ [6], бензин действительно воспламеняется при истечении на нагретую поверхность (в экспериментах ее температура составляла 290-310 °С), но только при **струйном** истечении, при скорости более 50-60 г/сек. При попадании на нагретую поверхность отдельных капель они просто интенсивно испаряются и топливо не воспламеняется. Установлено, что при частоте падения до 60 капель/мин. каждая следующая капля падает практически на сухую поверхность.

Конечно, если бы такое испарение происходило в закрытом пространстве, то при достижении концентрации паров выше НКПР могла бы произойти вспышка. Но в автомобиле, к счастью, таких закрытых зон нет, ниша двигателя не герметизирована, продувается воздухом, а потому мало вероятно, что концентрация паров топлива сможет достичь опасных значений.

Из вышесказанного следует вывод – при случайной или аварийной разгерметизации топливной системы и капельном истечении топлива пожар в автомобиле с карбюраторным двигателем маловероятен. Для возгорания нужно струйное истечение бензина.

Сошлемся на пример, который приводят английские эксперты. Они сообщают о расследовании трех пожаров в моторном отсеке автомобилей Кадиллак с двигателями объемом цилиндров 4,5 и 4,1 литров и с принудительным впрыском топлива. Пожары происходили в двух случаях при движе-

нии автомобиля, в одном – через несколько минут после постановки в гараж. В остальном пожары были похожи – основной очаг горения располагался в нижней части моторного отсека, там, где проходили 2 топливопровода к топливонасосу. Во всех случаях эластичные шланги топливопроводов полностью сгорели. Анализ показал, что электрооборудование было исправно, топливо и трансмиссионные жидкости соответствовали стандартам. Наиболее вероятной причиной пожара являлось отсоединение гибкого шланга от металлического топливопровода, которое привело к утечке топлива и попаданию его на выхлопную трубу с последующим самовоспламенением.

Интересные экспериментальные данные по вопросу о возможности загорания бензина при утечке приводятся в [48]:

Исследовалась возможность воспламенения на горячих поверхностях системе выхлопа при утечке бензина в процессе заправки автомобиля, при нагретом, но выключенном на момент заправки двигателем. Исследованию подвергались двигатели мощностью до 45 л.с., работающие при сравнительно высоких температурах выхлопной системы. Был сделан вывод, что, несмотря на температуру выше 700°C, загорание бензина на внешних поверхностях выхлопного тракта не происходит. Однако, при включении двигателя, когда в выхлопную трубу попадают нагретые горючие газы, происходит возгорание. Оно возникает при условии, что конечная часть выхлопной трубы не герметична в горизонтальном или вертикальном направлении. Диаметр выхлопного трубопровода (для того, чтобы произошло загорание) должен быть 3,8 см и более, и температура около 550°C.

В отличие от бензина, загорание вытекших жидкостей из гидросистем, масел и дизтоплива, в случае попадания на высоконагретые поверхности двигателя и турбокомпрессора при нарушении герметичности арматуры гидросистем и масл�топливопроводов, возможно и при капельном истечении. Это, кстати, по данным [7], основная причина загорания большегрузных автомобилей.

Утечка масел

а) Моторные масла

В зависимости от способа производства современные моторные масла бывают:

- минеральные, полученные из нефтяных фракций, очищенных от нежелательных примесей;
- синтетические, полученные из органических соединений многоступенчатым синтезом;
- частично синтетические, полученные смешением минеральных и синтетических масел.

Товарные моторные масла представляют собой различные смеси базовых минеральных и синтетических масел, к которым добавлены присадки для достижения требуемых эксплуатационных качеств.

Классификация моторных масел зарубежных производителей очень обширна; при необходимости читатель найдет ее в специальной литературе [49, 50, 51, 54].

Российская классификация моторных масел имеется в ГОСТ 17479.1-85.

Остановимся лишь на пожароопасных характеристиках моторных масел.

По данным [8], температура вспышки моторного масла составляет 170-180°C, воспламенения 260-370°C. Не очень понятно, правда, к какой конкретно марке это относится.

Данные по температурам вспышки отечественных моторных масел приведены в таблице 15.6.

При применении в Москве, в соответствии с ГОСТ 17479.1, (с изменением №3), для моторных масел бензиновых двигателей легкового автомобильного транспорта зарубежного производства установлены отдельные технические требования. По ним, в частности, температура вспышки масла должна быть не ниже 200°C [49].

Масла для двухтактных бензиновых двигателей используются в двигателях мотоциклов, мотороллеров, мопедов, снегоходов, мотосаней, лодок, минитракторов, мотоблоков и бензоинструмента, малых электрогенераторов и др. Обычно в данных агрегатах масло не присутствует в чистом виде, а смешивается с топливом непосредственно в топливном баке.

Температура вспышки таких масел должна быть не менее 70°C [49].

Таблица 15.6

**Температуры вспышки (о.т.) отечественных моторных масел
(составлено по данным [49])**

Назначение	Марки	Темп. вспышки (о.т.), °С.
универсальные и для бензиновых двигателей	М-8В; М-6 ₃ /10В; М-5 ₃ 10Г ₁ ; М-6 ₃ /12Г ₁ ; М-5 ₃ /12Г; Кастрол GTX SAE 15W-40	190-210
для бензиновых двигателей	М-4 ₃ /6В ₁	165
для автотракторных двигателей	М-8В ₂ ; М-8Г ₂ у; М-10В ₂ ; М-10Г ₂ у; М- 8Г ₂ ; М- 10Г ₂ ; М- 8Г ₂ К; М- 10Г ₂ К; М-8ДМ, М-10ДМ; М- 16Г ₂ К	200-230
для быстроходных транспортных дизелей	М-6 ₃ /10В ₂	165
для быстроходных транспортных дизелей	М-16В ₂ ; М-16А(т)с	210-230

б) Трансмиссионные масла

В США, Канаде и ряде др. стран масла для механических трансмиссий классифицируются в основном по системе классификации API. Имеются пять классов – от API GL–1 до API GL–5.

В Европе в основном применяется классификация ZF TE-ML, разработанная Zahnradfabrik Friedrichshafen (Германия) – одной из крупнейших в Европе компаний по производству передач и силовых агрегатов транспортных средств.

Классификация масел по системе ZF TE-ML содержит 16 типов масел и приведена в таблице 15.7 [51].

Таблица 15.7

Европейская классификация масел по системе ZF TE-ML [51]

Марка	Назначение (узлы и агрегаты)
ZF TE-ML 01	механические несинхронизированные коробки передач с шестернями постоянного зацепления (коммерческие автомобили)
ZF TE-ML 02	механические и автоматические трансмиссии грузовых автомобилей и автобусов
ZF TE-ML 03	коробки передач с гидротрансформаторами для внедорожной мобильной техники (строительная и спецтехника, автопогрузчики и др.)
ZF TE-ML 04	судовые трансмиссии
ZF TE-ML 05	ведущие мосты внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 06	Трансмиссия и гидравлические навесные системы тракторов
ZF TE-ML 07	Передачи с гидростатическим и механическим приводом, системы с электроприводом
ZF TE- ML 08	Системы рулевого управления (без гидроусилителя) легковых и грузовых автомобилей, автобусов, внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 09	То же, с гидроусилителем и маслонасосом
ZF TE-ML 10	Коробки передач типа Transmatic для легковых и коммерческих транспортных средств
ZF TE-ML 11	Механические и автоматические трансмиссии легковых автомобилей
ZF TE-ML 12	Ведущие мосты легковых автомобилей, коммерческих транспортных средств и автобусов
ZF TE-ML 13	Агрегаты ZF в транспортных средствах специального назначения
ZF TE-ML 14	Автоматические рансмиссии коммерческих транспортных средств
ZF TE-ML 15	Тормозные системы транспортных средств спецназначения

В России трансмиссионные масла обозначаются марками от ТМ-1 до ТМ-5 в зависимости от состава, вязкости и эксплуатационных свойств (ГОСТ 17479.2-85 «Масла трансмиссионные»).

Ассортимент трансмиссионных масел в основном состоит из 4 эксплуатационных групп:

- для механической коробки передач (API GL-4);
- для заднего моста и гипоидной передачи (API GL-5);
- для автоматической коробки передач (ATF);
- для гидравлических механизмов и систем.

В некоторых автомобилях (BMW, Mercedes-Benz/ Volvo) производители вместо трансмиссионных масел используют жидкости для автоматической коробки передач или моторные масла (Honda, Isuzu, Peugeot, SAAB) [51].

В NFPA-921 для трансмиссионных масел (Dexron- IIE, Dexron- II тип F (Ford)) указываются следующие пожароопасные характеристики: температура вспышки 175-193 °С, температура воспламенения -210-214 °С [8].

Масла для автоматической коробки передач – особый вид масел. Средняя рабочая температура масла в картере АКП – 80-95 °С, а в жаркую погоду при городском движении может подниматься до 150 °С. Для АКП применяются масла 2-х типов. Они носят фирменные названия Dexron и Mercon. Для отличия от других масел и обнаружения места утечки они окрашиваются в красный цвет. Их пожароопасные характеристики приведены в таблице 15.8.

Таблица 15.8

Пожароопасные характеристики масел для АКП

	Типичное значение для жидкостей ATF	Dexron- III	Mercon
Температура вспышки, °С	200	min. 170	min. 177
Температура воспламенения, °С	231	min. 185	–

Масла для гидромеханической и гидрообъемной передачи получают на основе маловязкого минерального масла глубокой селективной очистки загущением полиизобутиленом, с добавлением присадок.

Марка А предназначена для гидротрансформаторов и гидромеханических передач автомобилей и автобусов.

Марка Р – для гидрообъемных передач и гидроусилителей рулей (изготавливается на основе веретенного масла АУ)

Марка МГТ – для гидромеханических коробок передач автомобильной и гусеничной техники

Таблица 15.9

Нормируемые температуры вспышки (о.т., °С) масел для гидромеханических передач [51]

Марка А	Марка Р	Марка МГТ
175	163	160

В NFPA-921 для жидкостей (масел) систем гидроусилителя руля указывается температура вспышки 177 °С, т.е. температура, близкая к марке А [8].

Возможность загорания масел при утечке

Как видно из приведенных выше данных, все автомобильные масла (специальные жидкости) горючи (классифицируются как ГЖ). Температуры вспышки у них находятся в пределах 160-200 °С (у масел для двухтактных двигателей еще меньше – до 70 °С), воспламенения, как правило, в пределах 200-230 °С. Температуры самовоспламенения не превышают 400 °С – в качестве примера

сошлемся на имеющиеся в литературе данные по маслам авиационным МС-20 и МК-22 (380 °С) и маслам автотракторным АК-10 и АК-15 (340 °С).

В то же время, они имеют относительно густую, вязкую консистенцию, высокую температуру кипения и при попадании на нагретые поверхности выпускного тракта быстро не испаряются, а прогреваются и вполне могут загореться.

Ряд этих жидкостей находится в системах под давлением, поэтому в случае разгерметизации последних жидкость может выбрасываться наружу в виде аэрозоля, пожароопасность которого ещё выше. Особенно, если учесть, что в ряде систем (моторное масло в двигателе) оно уже предварительно разогрето.

В [8] отмечается, что *жидкость усилителя руля* – горючая жидкость и находится под высоким давлением во время использования руля. При наличии отверстий может произойти утечка или распыление, вследствие чего может произойти зажигание.

Там же отмечается, что *жидкость трансмиссии* может значительно нагреваться в условиях больших нагрузок и недостаточного охлаждения. Выпуск этой горячей жидкости из системы или разрыв (поломка) линии могут привести к пожару. Если Транспортное средство работало с большой нагрузкой, рекомендуется обратить внимание, был или не был поврежден охладитель трансмиссии и не было утечки в линии. Рекомендуется проверить корпус трансмиссии на предмет трещин или признаков перегрева внутри трансмиссии[8].

В [52] приводится пример пожара, произошедшего вследствие самовоспламенения моторного масла при контакте с нагретой металлической поверхностью выпускного участка турбины. Выброс масла произошел в результате разгерметизации крышки головки блока цилиндров.

В качестве примера можно также привести пожар, произошедший в г. Чебоксары в автомобиле ВАЗ 21099.

Как было впоследствии установлено, владелец в своем гараже осуществлял долив моторного масла в двигатель, после чего забыл закрыть крышку маслозаливной горловины. Спустя 5–10 минут после того, как он завел автомобиль, раздался сильный хлопок и возникло горение в моторном отсеке.

Приведем еще один пример загорания автомобиля. В данном случае – по причине *утечки жидкости из системы гидроусилителя руля.*

Загорание произошло в автомобиле Cadillac 2003 года выпуска, во время движения автомобиля. Горение было обнаружено водителем по запаху в кабине и выходу дыма из-под капота. В автомобиле при этом сработали системы блокировки, электросеть обесточилась. Водитель благоразумно не стал открывать капот, и горение в моторном отсеке через некоторое время самопроизвольно прекратилось.

При осмотре автомобиля на станции технического обслуживания очаговая зона в моторном отсеке просматривалась очень четко. Она располагалась под бачком гидроусилителя руля, на коллекторе, где в пределах участка длиной 8-10 см полностью выгорела копоть и коксовые отложения. Вертикально вверх от этого участка коллектора наблюдался хорошо выраженный очаговый конус – в пределах восходящего из очаговой зоны конвективного потока, локально, на участке длиной около 10 см, выгорела изоляция проводов на проходящем транзитом жгуте; выгорел фрагмент тепло-звукоизоляционного фартука. Со стороны, прилегающей к очаговому конусу, была подплавлена пробка маслозаливного отверстия, с этой же стороны подплавлен и обгорел сам бачок гидроусилителя руля. Восходящий конвективный поток упирался в капот автомобиля и с внутренней его стороны наблюдалось выгорание шумозащитного экрана (покрытия) – локально. в виде круга, верхней проекции очагового конуса.

К бачку, со стороны, прилегающей к очаговой зоне, подходило два резиновых шланга, по которой проходят жидкость гидроусилителя – верхний, диаметром 17 мм и нижний, диаметром 24 мм. Шланги были надеты на штуцера и формально закреплены хомутами. Но оба они при этом свободно снимались и даже после пожара на стенке бачка под ними были видны следы подтекания жидкости. Очевидно, что она капала на коллектор и, в конечном счете, загорелась.

Интересно отметить, что рядом с зоной горения проходят две алюминиевые трубки системы питания кондиционера. На боковой поверхности одной из них, обращенной в сторону зоны конвективного потока, имеется проплавление. Очевидно, что в данном случае система кондиционирования совершенно случайно сработала, как огнетушитель и выходящий из отверстия в трубке под давлением фреон ликвидировал горение.

Утечка тормозной жидкости

Жидкости, применяемые в гидроприводе тормозных систем, приготавливаются на гликолевой основе с антикоррозийными добавками. Наиболее известные марки таких жидкостей, по которым есть информация о пожароопасных свойствах – Нева (ТУ 6-01-1163-78), Томь (ТУ 6-01-1276-82), Роса (ТУ 6-05- 221-564-84) (таблица 15.10).

Таблица 15.10

Пожароопасные свойства тормозных жидкостей

Марка	группа горючести	Темп. вспышки, °С	Темп. воспл., °С	Темп. самовоспл., °С	Лит. источник
«Нева»	ГЖ	97-102	102	242	6,7
«Нева»	ГЖ	74	–	224	42
«Роса»	ГЖ	112-128	131	315	6,7
Тормозная жидкость (марка неизвестна)	ГЖ	115-179	–	–	8

Жидкости на основе касторового масла и бутилового спирта (типа БСК) сейчас практически не применяются.

Как видно из таблицы 15.10, тормозные жидкости горючи. И, кстати, имеют температуры вспышки и самовоспламенения значительно ниже, чем масла. Поэтому они вполне способны загореться на нагретых поверхностях выпускного тракта двигателя.

В качестве примера можно привести пожар, произошедший в автомобиле «Volkswagen Sharan TDI». В процессе исследования было установлено, что очаг пожара находился в правой части моторного отсека, между двигателем и переборкой, разделяющей моторный отсек и салон автомобиля. При этом, как было известно из обстоятельств данного происшествия, возгорание произошло во время движения.

Непосредственно в очаговой зоне находился выпускной коллектор системы нейтрализации и выпуска отработавших газов, а над ним был расположен питательный бачок гидросистемы тормозов и сцепления (данные гидросистемы имели общий бачок). Другого сочетания «источник зажигания – горючее вещество» в данном случае явно не усматривалось, поэтому экспертом был сделан вывод, что причиной данного пожара, явилось воспламенение тормозной жидкости при попадании на нагретые поверхности выпускного коллектора [53].

Возможность загорания тормозной жидкости при утечке отмечается и в [8]: «Когда тормоза срабатывают, жидкость находится под давлением, маленькое отверстие в линии или местах соединения может вызвать течь, способную возгореться, если она находится в контакте с достаточно горячим источником».

Разгерметизация систем охлаждения

В системах охлаждения может применяться не вода, а специальные охлаждающие низкотемпературные жидкости, так называемые «антифризы» (от англ. слова freeze – замерзать). Чаще всего они встречаются под торговым названием «Тосол».

Почему то в автомобильных кругах существует мнение, что «антифризы» и «тосол» – разные жидкости, хотя с химической точки зрения это суть одно и то же. Практически все охлаждающие автомобильные жидкости приготавливаются на основе этиленгликоля, иногда – с добавлением других гликолей, например, пропиленгликоля. В незначительных количествах в них входят специальные добавки (см. ниже).

Рассмотрим основные их типы.

а) Охлаждающие низкозамерзающие жидкости ОЖ-К, ОЖ-65, ОЖ-40

Изготавливаются по ГОСТ 28084-89 на основе этиленгликоля с антикоррозийными, антивспенивающими стабилизирующими и красящими добавками [61].

Охлаждающая жидкость ОЖ-К. Концентрат этиленгликоля с массовой долей воды не более 5%. Предназначена для приготовления рабочих охлаждающих жидкостей ОЖ-65 и ОЖ-40 путем разбавления ее водой. Пожароопасные характеристики:

- температура вспышки – 120 °С;
- температура самовоспламенения – 380 °С;
- температурные пределы воспламенения паров в воздухе – 112-124 °С.

Охлаждающие жидкости ОЖ-65 (температура начала кристаллизации не выше минус 65 °С) и ОЖ-40 (соответственно 40 °С) приготавливают разбавлением жидкости ОЖ-К – первую в пропорции «65% концентрата + 35% воды», вторую – соответственно, 56 и 44%.

б) Антифриз «Тосол –АМ» и автожидкости охлаждающие «Тосол-А40М», «Тосол-А65М».

Изготавливаются по ТУ 6-57-95-96. Тосол-АМ – концентрированный этиленгликоль, содержащий антикоррозийные и антипенные насадки. Тосол-А40М и Тосол-А65М – водные растворы Тосола-АМ с добавлением красителей.

«Тосол-АМ» – горючая жидкость:

- температура вспышки – 86 °С (з.т.), 112 °С (о.т.);
- температура воспламенения -112 °С;
- температура самовоспламенения – 491 °С.

в) Жидкости охлаждающие низкозамерзающие ОЖ-К «Лена», ОЖ-40 «Лена», ОЖ-65-«Лена»

По составу и свойствам – аналоги антифризов по ГОСТ 28084-89 и выпускаются взамен «Тосола-А», «Тосола-А40», «Тосола-А65».

г) Зарубежные охлаждающие низкозамерзающие жидкости

Британская жидкость по стандарту BS 6580 1992 изготавливается из диолов типа этиленгликоля и/или пропиленгликоля с антикоррозийными приставками. Судя по составу и температуре кипения (не менее 150 °С), жидкость горючая, но менее пожароопасная, чем указанные выше отечественные.

Американская охлаждающая жидкость по стандарту D 3306-94 также изготавливается на основе этиленгликоля. Применяется в виде водных растворов с концентрацией от 30 до 70%. Цвет обычно зеленый или синезеленый.

Французская охлаждающая жидкость HF по стандарту R 15601-1991.

Изготавливается на основе водных растворов гликолей. Бывает трех типов: тип 1, тип 2, тип 3, имеющих температуру застывания не выше соответственно минус 15, минус 18, минус 35 °С. Для этих жидкостей указана температура вспышки в закрытом тигле – не менее 100 °С [49].

Немецкие охлаждающие жидкости – Mannol Antifreeze на этиленгликолевой основе и Kuhlerfrostschutz на основе моноэтиленгликоля также используются при разбавлении в соответствии с необходимой температурой замерзания.

Как видно из приведенных выше сведений, неразбавленные антифризы – горючие жидкости и, безусловно, их утечка с попаданием на горячие поверхности двигателя и выхлопного тракта может привести к загоранию.

Но вот относительно горючести их **водных растворов**, которые используются непосредственно в качестве рабочих охлаждающих жидкостей, существуют разные мнения. Многие эксперты

убеждены, что применяемые в системах охлаждения жидкости не горят по причине большого содержания воды. И даже во вполне солидных изданиях, в том числе, в соответствующих ГОСТ, пишут: «Охлаждающие жидкости ОЖ-65 и ОЖ-40 пожаровзрывобезопасны» [61,49], «Тосол А-40М и Тосол-А65М огневзрывобезопасны» [49, 50]. Всё это часто является основанием для уверенного исключения данной версии.

Экспериментальные исследования, однако, показывают, что водные растворы антифризов в рабочих концентрациях имеют температуры вспышки и воспламенения, ненамного отличающиеся от аналогичных показателей концентрата (табл.15.11).

Табл. 15.11

Температуры воспламенения (по ГОСТ 12.1.044-84) антифриза Shell (GlycoSell Longlife) и его водных растворов [67]

Жидкость (температура замерзания)	Темп. воспламенения, °С
Концентрат	126
Раствор 1: 1 (- 38 °С)	142
Раствор 1:1,5 (- 25 °С)	143
Раствор 1: 2 (- 18 °С)	145

Объясняется это очень просто. Пока в ходе испытаний по ГОСТ жидкость разогревается до очередной температурной «ступени», близкой или превышающей температуру кипения воды, вода испаряется, раствор концентрируется и (чудес не бывает !) пары этиленгликоля вспыхивают при температуре, близкой к температуре вспышки (воспламенения) данной органической жидкости.

Проецируя эту закономерность на ситуацию возможной утечки охлаждающей жидкости в автомобиле и попадания ее на горячие поверхности в моторном отсеке и под ним, можно констатировать следующее.

Конечно, *кратковременный контакт* охлаждающей жидкости с нагретой деталью автомобиля или иным источником зажигания не приведет к воспламенению этой жидкости. В подобной ситуации водный раствор этиленгликоля действительно пожаровзрывобезопасен. Но, если при утечке она сможет где то на нагретой поверхности скопиться и нагреваться более-менее длительно, то после испарения воды загорание органического остатка станет вполне реальным. Такие «заветные места» у большинства современных автомобилей, в принципе, существуют.

Вторая возможность – выброс охлаждающей жидкости под давлением при разгерметизации одной из магистралей, например, подключенной к автомобильной печке. В аэрозольном состоянии вода испаряется ещё быстрее, а образующаяся на «горячих поверхностях» пленка из этиленгликоля вполне способна загореться.

Пример такого пожара приводится [7]. В автомобиле VOLVO-850 произошла разгерметизация гибкого прорезиненного соединительного шланга системы охлаждения в моторном отсеке в зоне расположения катализатора (каталитической системы нейтрализации продуктов неполного сгорания) и датчика кислорода на патрубке системы выпуска отработанных газов. Это сильно разогретый участок выпускного тракта, температура поверхности металлических деталей здесь может достигать 800°С. и попадание горючей жидкости привело к возгоранию.

Характерным признаком утечки и загорания антифриза является белый дым, появляющийся в случае, когда происходит распыление в виде тумана и загорание этиленгликоля и других двухатомных спиртов (гликолей). В описанном выше примере водитель рассказал, что поставил машину на парковку, отключил двигатель и тут же увидел, что в районе низа лобового стекла происходит парение белого цвета. Водитель снова включил зажигание – все приборы и двигатель работали исправно. Но когда водитель вышел из машины, он услышал характерный звук, похожий на шипение и парение при этом усилилось. Открыв крышку капота, он увидел, что моторный отсек заполнен

паром (или дымом) белого цвета, а в задней части двигателя, у переборки, отделяющей моторный отсек от салона, появилось пламя [7].

Аналогичный случай имел место в г. Костроме на новом автомобиле LADA PRIORA. Спустя 5 минут после остановки водитель обнаружил горение в моторном отсеке, в результате возгорания автомобиль получил незначительные термические поражения. При осмотре автомобиля эксперт установил, что в месте подсоединения гибкого шланга к помпе автомобиля, под соединительным хомутом имеется локальный участок разрушения (обгорания) данного шланга (рис. 15.6). Вероятнее всего, в данном месте под давлением происходил выброс охлаждающей жидкости, что и послужило причиной возгорания автомобиля. Иных причин загорания в автомобиле не усматривалось.

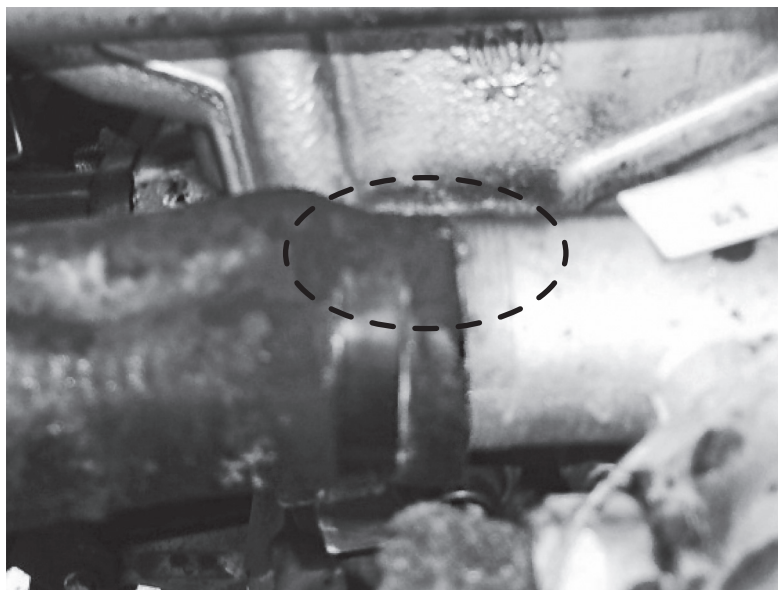


Рис. 15.6. Зона соединения гибкого шланга с помпой автомобиля.
Пунктиром обозначено место обгорания данного шланга

Загорание вытекших горючих жидкостей от других источников зажигания и при дорожно-транспортных происшествиях

Версии о загорании протекшего топлива и масел от других источников зажигания обычно рассматриваются, как менее вероятные.

Так, например, в моторном отсеке автомобиля нет достаточных условий для накопления заряда статического электричества достаточной мощности. Поэтому воспламенение топлива, вытекающего из поврежденной топливной системы, разрядами статического электричества на обычных автотранспортных средствах очень маловероятно. Однако это вполне возможно на автозаправщиках, при сливе и заливке автомобильного топлива в автоцистерны и другие емкости. Об отработке такой версии шла речь в предыдущих главах.

Воспламенение паров бензина или дизтоплива от **искры КЗ** теоретически вполне возможно в месте контакта проводов или плюсового провода с кузовом. Но такое развитие событий маловероятно из-за уже отмеченного выше отсутствия в автомобиле застойных зон, где могут скопиться пары ЛВЖ (ГЖ). Просто нагретый в режиме КЗ провод не способен поджечь дизтопливо. Бензин, попадая на нагретую жилу, также не воспламеняется, а интенсивно испаряется (кипит) [6].

Другое дело, когда образование электрической дуги и искр при КЗ совпадает во времени и пространстве с выбросом под давлением и образованием аэрозоля горючей жидкости. Пример подобного пожара приводится в заключении [55].

Во время движения самосвала КАМАЗ-45282А водитель почувствовал запах гари, появился дым. Водитель вышел из кабины и хотел поднять ее, но в это время над двигателем вспыхнуло пламя, которое перекинулось на кабину.

Очаговая зона была установлена в левой передней части моторного отсека автомобиля. Там было обнаружено приваривание медного электропровода на корпус металлической трубки, здесь же имелось сквозное проплавление трубки. Металлическая трубка была подсоединена к насосу гидравлического усилителя руля (ГУР) и рулевому редуктору. Медный провод был подсоединен к генератору и стартеру и проходил около трубки. Очевидно, произошла разгерметизация данной трубки в результате короткого замыкания на нее электропровода и прожога трубки возникшей при этом электрической дугой.

На поверхности выпускного тракта в очаговой зоне имелось «...выгорание копоти образовавшийся налет в виде тянущегося и стекающего ручейка и в виде пятен. Это является характерным признаком, указывающим на возможность горения на поверхности выпускного тракта легковоспламеняющихся и горючих жидкостей»

Металлографическое исследование оплавленного медного проводника, приваренного к металлической трубке, показало наличие признаков, характерных для ПКЗ.

Приведем еще один пример.

Загорелся автокран «Демаг – АС 155 ТТ». В результате пожара была значительно повреждена кабина управления автокраном, двигательный отсек, а также кабина управления «стрелой» крана.

В ходе осмотра крана после пожара было установлено, что наибольшие термические поражения наблюдаются в средней части автокрана в районе расположения двигательного отсека, находящегося за водительской кабиной крана.

При осмотре этого отсека, коробки переключения передач и узлов соединения механизмов особое внимание эксперта привлек элемент передней крестовины карданного вала и место крепления масляного насоса высокого давления гидросистемы к КПП. Целостность крестовины была нарушена. На местах посадки игольчатых подшипников (цапфа) имелись следы механического износа и локального перегрева в виде окалины. На крестовине отсутствовала масленка, а, следовательно, в самой крестовине – масло. На корпусе масляного насоса имелись следы механического воздействия в виде вмятин, он был частично оторван от коробки передач. Подобное повреждение не могло быть следствием пожара, скорее оно имело отношение к его причине.

Эксперт сделал вывод, что технической причиной пожара «... могло послужить нарушение герметичности гидравлического оборудования (течи с последующим воспламенением гидравлической жидкости)» [56].

По мнению эксперта, события развивались следующим образом.

Нарушение герметичности гидравлического оборудования могло произойти вследствие заклинивания игольчатого подшипника крестовины карданного вала. К заклиниванию могло привести отсутствие масла в передней крестовине карданного вала. В результате заклинивания подшипника произошло разрушение карданного вала, который, вращаясь хаотично, наносил удары во корпусу масляного насоса высокого давления гидросистемы и трубопроводам гидросистемы. При ударах металла о металл происходило интенсивное искрообразование; одновременно могло произойти разрушение предохранительного клапана насоса с последующим выбросом под давлением масляного аэрозоля, который воспламенился от фрикционных искр.

В заключении сообщается, в частности, что в гидросистему было залито масло марки ВМГЗ, имеющее температуру вспышки (о.т.) 135°С [56].

Описанный механизм возникновения горения представляется вполне убедительным.

Применение инструментальных и расчетных методов при обработке версии о загорании топлива при утечке

Случаев применения указанных методов для решения данной экспертной задачи пока немного; тем интереснее представляется рассмотрение известных публикаций по данному вопросу. Одна из них – экспертное исследование по пожару автомобиля Ford Taurus [57, 58].

Как известно [59], сопоставление термических поражений, полученных объектом пожара, с прогнозируемыми поражениями, рассчитанными, исходя из распределения штатной пожарной нагрузки, может позволить дифференцировать очаг (очаги) пожара и очаг (очаги) горения. В то же время, диспропорцию между прогнозируемыми и фактическими термическими поражениями может создать еще один фактор – **появление дополнительной пожарной нагрузки** там, где ее не было в автомобиле.

Такая нагрузка в автомобиле появляется за счет либо утечки и сгорания собственного топлива (загорание на горячих поверхностях выхлопного тракта), либо за счет разлива постороннего топлива (при поджоге). По сути, мы одновременно ищем очаг пожара (место, где началось горение жидкости) и получаем подтверждение появления там дополнительных горючих веществ (т.е. информацию для решения вопроса о причине пожара).

Для выявления указанной зоны предложен так называемый «очаговый критерий», выражающий разность безразмерных степеней фактического и расчетного термических поражений [57]:

$$F_{C_i} = S_{fact} - S_{calc}, \quad (15.1)$$

где:

- S_{fact} безразмерная степень фактического термического поражения в i -ой точке;
- S_{calc} безразмерная степень расчетного термического поражения в i -ой точке.

Фактические термические поражения определяют инструментальными методами. Так, например, при определении степени термических поражений холоднодеформированных стальных деталей кузова автомобиля магнитным методом, степень фактического термического поражения определяется по уравнению:

$$S_{fact_i} = \frac{Br_i}{Br_{max}}, \quad (15.2)$$

где:

- Br_i значение остаточной магнитной индукции в i -ой точке исследуемой поверхности;
- Br_{max} максимальное значение остаточной магнитной индукции на исследуемой поверхности.

Расчетные термические поражения определяются по соотношению температуры в конкретной точке к максимальной расчетной температуре на исследуемой поверхности.

$$S_{calc} = \frac{T_i}{T_{max}}, \quad (15.3)$$

где:

- T_i расчетное значение температуры в i -ой точке исследуемой поверхности;
- T_{max} максимальное расчетное значение температуры на исследуемой поверхности.

Очаг пожара (зону загорания горючей жидкости при проливе) следует предполагать в зонах с наибольшим значением очагового критерия. В данном случае будет проявляться сочетание фактора времени (более длительное горение в очаге) с фактором появления дополнительной пожарной нагрузки (например, при утечке топлива, иной горючей жидкости или поджоге).

Возможность использования данного критерия впервые была опробована при экспертном исследовании пожара, который произошёл 20 марта 2004 года в автомашине «Форд-Таурис». Во время движения водитель увидел выходящий из-под капота белый дым, остановил машину и обнаружил пламенное горение в моторном отсеке. Потушить пожар собственными силами не удалось, в результате автомобиль был в значительной степени повреждён огнём.

На основании проведённого анализа термических поражений автомобиля, экспертами был сделан вывод, очаг пожара действительно расположен в моторном отсеке.

Для инструментального исследования поэтому был выбран капот автомобиля.

Было построено расчетное распределение температурных зон в моторном отсеке (рис. 15.7). Для этого были определены основные детали и материалы, их удельные теплоты сгорания, а также координаты отдельных деталей.

Фактические термические поражения, полученные капотом автомобиля, определяли по методике, изложенной в [12, 13, 60]. Для этого его разбили на равные квадраты со стороной 150 мм и пронумеровали, далее в каждой точке были проведены измерения величины B_r . Результаты, полученные после обработки с помощью программы Microsoft Excel, представлены на рис. 15.8.

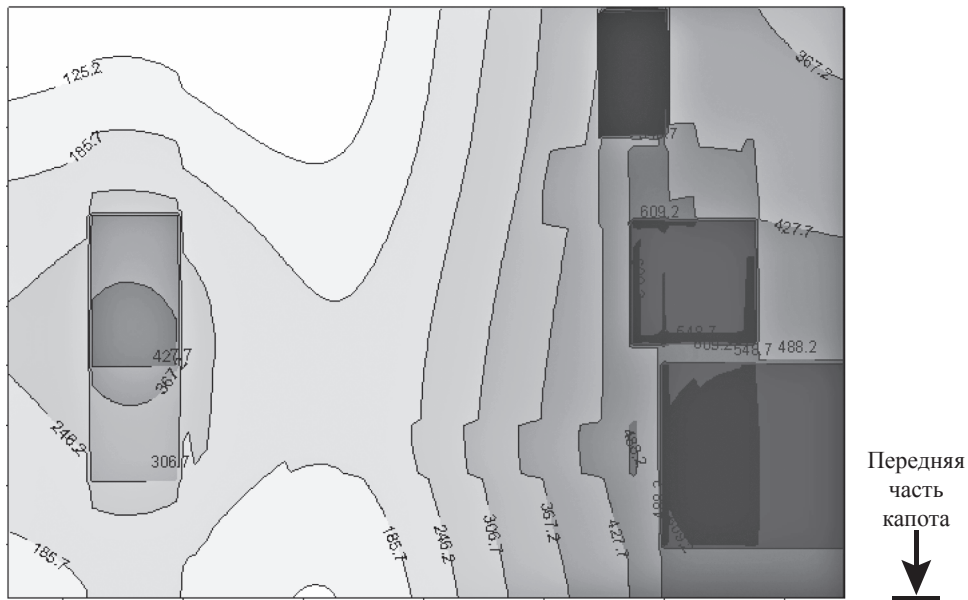


Рис. 15.7. Карта расчетного распределения термических поражений капота автомобиля Ford Taurus ($T, ^\circ\text{C}$)

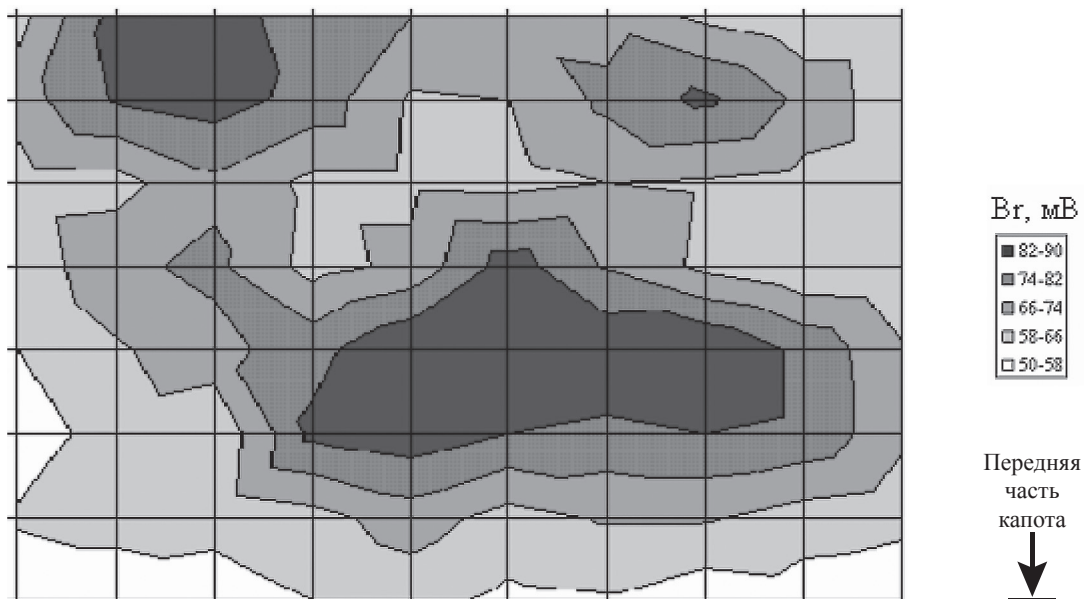


Рис. 15.8. Карта фактического распределения зон термических поражений капота автомобиля Ford Taurus

После этого по формуле 15.1 рассчитали очаговый критерий в каждой точке и построили карту его распределения по поверхности капота (рис. 15.9).

На данной карте отчетливо видна зона максимального значения очагового критерия (0,5-1,0). По сути, это зона, где наблюдаются термические поражения, величина которых гораздо больше прогнозируемых исходя из распределения штатной пожарной нагрузки.

Проанализировав конструкцию автомобиля, определили, что в предполагаемой очаговой зоне расположен топливный штуцер рампы форсунок. Штуцер имел блестящую поверхность без следов копоти и карбонизованных остатков шланга, а также хомута, который должен был бы крепить этот шланг. Эти морфологические признаки указывали на срыв топливного шланга и то, что причиной данного инцидента является разгерметизация системы питания двигателя.

Проведенный комплекс исследований подтвердил данный вывод. Установленный дисбаланс расчетного и фактического термических поражений не мог быть следствием сгорания небольших остаточных количеств бензина, вытекающего из шланга уже в ходе пожара – его для этого слишком мало и сгорал бы он ниже, в месте перегорания топливного шланга. Картина, подобная установленной, могла образоваться за счет выброса топлива из сорвавшегося со штуцера шланга только при работающем топливном насосе, т.е. на стадии возникновения пожара.

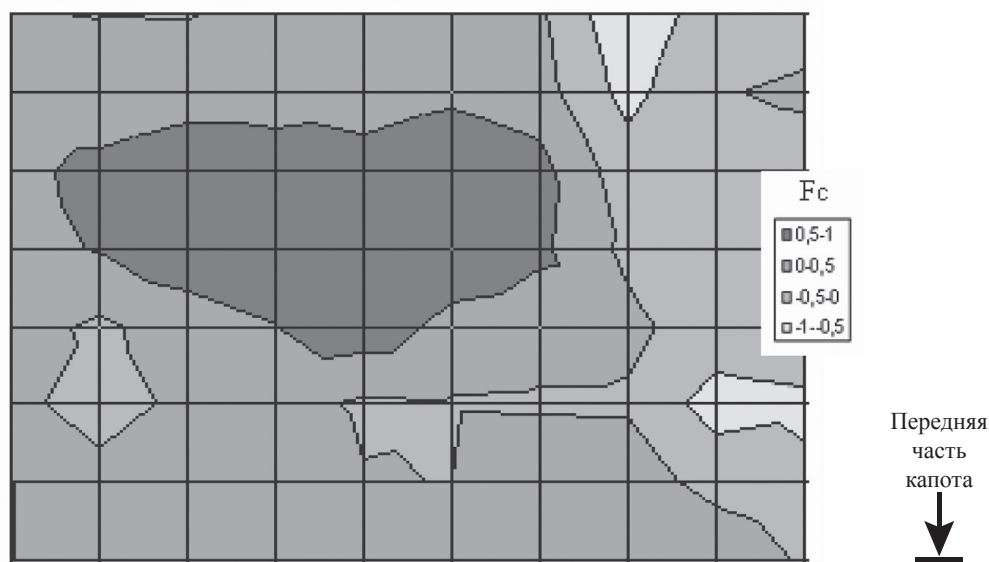


Рис. 15.9. Карта распределения очагового критерия по площади капота автомобиля Ford Taurus

15.7. Загорание при контакте с горячими поверхностями твердых горючих материалов

- Загорание собственных конструктивных элементов (материалов)
- Загорание посторонних предметов

Кроме горючих жидкостей, нагретые поверхности автомобиля могут привести к загоранию твердых горючих материалов. Как в самом автомобиле, так и за его пределами. Последняя ситуация рассмотрена ниже, в подразделе 15.13 «Зажигание внешней пожарной нагрузки». Здесь же мы рассмотрим ситуации, связанные с загораниями в пределах самого автомобиля.

Загореться при контакте с нагретыми поверхностями могут, во-первых, собственные материалы (конструктивные элементы), во-вторых, посторонние предметы, вещества, материалы.

Загорание собственных конструктивных элементов (материалов)

Как отмечалось выше, при ремонтных работах, тряске, ударе о препятствия на дороге отдельные пластиковые детали автомобиля могут деформироваться, сдвигаться, при этом может возникать не предусмотренный конструкцией контакт с нагретыми поверхностями. Особенно это касается автомобилей зарубежного производства, разработчики которых вряд ли учитывают условия, в которых происходит эксплуатация их автомобилей в России.

Примером пожара, возникшего по данной причине, может быть загорание автомобиля КИА СПОРТЕДЖ [11].

Автомобиль KIA Sportage загорелся во время движения. По словам водителя, горение происходило в моторном отсеке. Какое-то время дым шел и из под днища автомобиля.

Осмотр автомобиля после пожара показал, что в салоне автомобиля какие-либо признаки горения отсутствуют – пластмассовые и металлические детали, обивка салона и следов теплового воздействия не имели. Внешние термические поражения корпуса автомобиля выражены только на капоте – в виде двух локальных зон выгорания краски слева у лобового стекла.

*Основные же термические поражения наблюдались внутри моторного отсека автомобиля, причем в **левой** его части. Здесь оплавилась и частично выгорела пластмассовая декоративная крышка, прикрывающая двигатель сверху. Резиновый рукав подачи воздуха, расположенный в левой половине моторного отсека, полностью выгорел в средней части; полностью расплавилась пластмассовая крышка коробки воздушного фильтра. Расположенный в левой части моторного отсека бачок с тормозной жидкостью над главным тормозным цилиндром, также полностью расплавился.*

В правой половине моторного отсека признаков горения практически не наблюдалось. Линия подачи топлива, расположенная в правой половине, признаков разгерметизации, утечки топлива и его горения не имела.

Таким образом, можно было констатировать, что горение происходило в левой части моторного отсека, в зоне, ограниченной по вертикали: снизу – защитным кожухом на днище, сверху – капотом.

***Защитный кожух** (пыльник) на днище был изготовлен из вспененного полимера (вероятнее всего, пенополиуретана), армированного стекловолокном и обтянутого полиэтиленовой пленкой. На стороне, обращенной к днищу автомобиля, кожух имел четко выраженную зону локального выгорания на глубину несколько мм. (фото рис. 15.10) В зоне под выхлопной трубой, выходящей из двигателя, на подходе к каталитическому дожигателю, кожух имеет более глубокое выугливание, переходящее в сквозной прогар. Обгоревшие концы кожуха в этой зоне свисали вниз. Внешний вид зоны выгорания кожуха характерен для достаточно длительного тления сгораемого материала.*

Над местом наибольшего выгорания кожуха находился участок выхлопной трубы автомобиля. Копоть на этом участке выгорела, в то время как на участке, более близком к двигателю, сохранилась.

Описанные выше термические поражения позволяют заключить, что очаг пожара (загорания) расположен у днища автомобиля, в указанной выше зоне прогара кожуха, по месту нахождения участка выхлопной трубы автомобиля. А уже отсюда горение распространялось вверх, в левую часть моторного отсека, по направлению возникшего конвективного потока из очаговой зоны.

Нагретые поверхности выхлопного тракта вполне способны инициировать загорание материалов, склонных к тлению. К такому тлению склонны некоторые виды вспененных полимеров, в частности, пенополиуретаны. Процесс самовозгорания существенно ускоряется, если нагреваемый материал пропитан горючей жидкостью. Такой жидкостью могло быть отработанное моторное масло, затекшее под защитный кожух при замене масла. Судя по пятнам масла на внутренней поверхности защитного кожуха и конфигурации зоны выгорания, непосредственно примыкающей к отверстию в кожухе, соосному со сливным отверстием, попадание масла на внутреннюю поверхность кожуха имело место и, несомненно, способствовало возникновению горения.

Исходя из вышеизложенного, эксперты констатировали, что причиной пожара (загорания) автомобиля послужило загорание защитного кожуха, пропитанного горючей жидкостью, в результате контактного нагрева выхлопной трубой автомобиля.

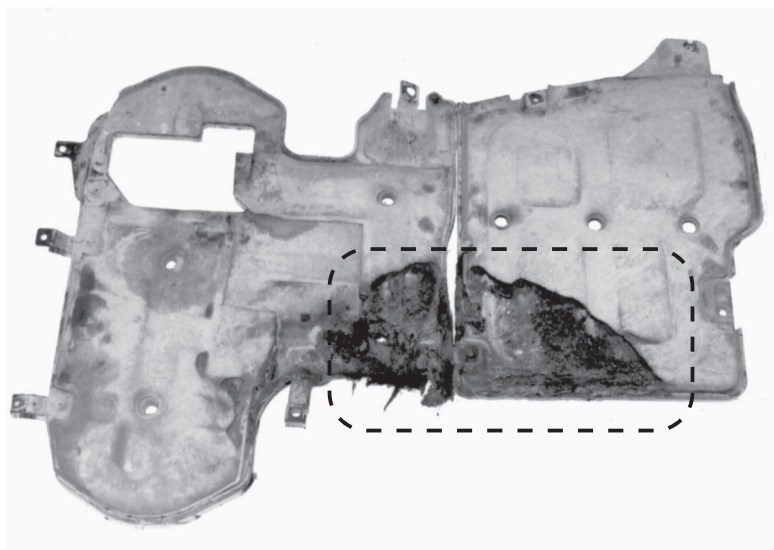


Рис. 15.10. Защитный кожух автомобиля KIA Sportage после пожара (пунктиром отмечена зона выгорания кожуха)

Обычно в автомобиле, в том числе и в автомобиле данной модели, отсутствует контакт защитного кожуха или каких-либо других сгораемых деталей с высоконагретыми поверхностями выхлопного тракта. В данном случае контакт мог возникнуть, в частности, в результате механического воздействия на днище автомобиля при ударе, наезде на какой-либо предмет, что привело к прогибу, деформации защитного кожуха. Косвенным признаком, подтверждающим возможность механического разрушения и деформации кожуха, явились рваные края последнего.

Еще один пример – загорание автомобиля «Шевроле Ланос», которое исследовали эксперты из СЭУ г. Ростова на Дону [10].

Автомобиль, стоящий в гараже, загорелся, когда владелец прогревал его двигатель. Первоначально горение возникло под днищем автомобиля, в левой задней его части, в районе выхлопной трубы.

Осмотр автомобиля показал, что задний его бампер частично оплавился и обгорел, внутренний его вспененный слой энергии выгорел с левой стороны.

На днище кузова наблюдалось частичное выгорание двух резиновых подвесок глушителя, причем в большей степени со стороны глушителя; пластиковый брызговик левого заднего колеса был оплавлен и деформирован также со стороны глушителя.

Покрытие днища кузова было уничтожено в пространстве, где установлена задняя часть глушителя, на расстоянии от заднего поперечного ребра кузова до подвески, расположенной со стороны передней части глушителя; металл имел коричневый и черный цвет, далее, до заднего моста автомобиля, покрытие закопчено. Уничтожено огнем в зоне, прилегающей к глушителю, покрытие левого лонжерона автомобиля, обугленные остатки покрытия днища в этой локальной зоне полностью осыпались.

Необходимо отметить, что покрытие днища кузова представляло собой довольно толстый слой специальной мастики, который призван обеспечить защиту от коррозии, звукоизоляцию, быть эластичен и устойчив к ударам песка и камешков на дороге и т.д. По марке, составу и свойствам данного конкретного покрытия в экспертизе данные не приводятся, но обычно это горючие материалы на основе полимерных смол.

На территории автосалона эксперты осмотрели аналогичные автомобили той же марки и у них на днище кузова, на левом лонжероне, над задней частью глушителя обнаружили «свисающие части покрытия днища». Надо полагать, это были потеки антикоррозийной мастики, появившиеся по причине неудобства (сложности) ее нанесения на днище в зоне нахождения глушителя.

Конечно, наличие того или иного дефекта на других автомобилях не является стопроцентной гарантией наличия того же дефекта у исследуемого автомобиля. Но учитывая, что очаговая зона явно расположена под левым лонжероном, в зоне нахождения задней части глушителя, между

ним и днищем, и то, что иной пожарной нагрузки там просто нет, эксперты пришли к заключению, что причиной пожара «является тепловое воздействие корпуса задней части глушителя на покрытие днища кузова и его воспламенение» [10].

Загорание по данной причине может также произойти в результате неправильной эксплуатации транспортного средства или его неисправности. Приведем в качестве примера пожар, произошедший в автомобиле ВАЗ 21103.

В данном автомобиле вышел из строя модуль зажигания, в результате чего перестала подаваться искра на две свечи, и двигатель стал работать на двух цилиндрах. Однако водитель автомобиля не обратил на это внимания и продолжал движение.

Необходимо отметить, что на автомобилях данной модели установлен контроллер, который в случае перебоев в искрообразовании одного из цилиндров отключает подачу в него топлива. Однако в данном случае одновременно отказали два цилиндра, в результате защита не сработала и топливо в цилиндры продолжало поступать. Соответственно, после этого несгоревшая рабочая смесь выбрасывалась из цилиндров в систему выпуска отработавших газов, где в нейтрализаторе (катализаторе) происходило его дожигание. В результате произошло резкое повышение температуры наружных поверхностей системы выпуска, в первую очередь нейтрализатора и дополнительного глушителя (который конструктивно установлен на данном автомобиле следом за ним). Это привело к возгоранию горючих материалов, находящихся в непосредственной близости от указанных элементов системы выпуска отработавших газов.

Данный факт подтверждают очевидцы данного происшествия (пожар произошел рано утром), которые видели яркое свечение под проезжавшим автомобилем.

Загорание посторонних предметов

Загораться от контакта с нагретыми поверхностями отдельных агрегатов автомобиля могут и посторонние предметы, случайно попавшие в «горячую» зону (случай «намеренного» попадания – см. раздел 15.11). Этими предметами могут быть тряпки, в том числе, промасленные, и другие предметы.

В качестве примера приведем случай, уже описанный нами в [62]:

В начале 90-х годов в Санкт-Петербурге на одной из центральных улиц внезапно загорелся остановившийся у светофора микроавтобус «Мерседес». У данного автомобиля двигатель был расположен под кожухом между сидением водителя и передним пассажирским сидением. Водитель рассказал, что в момент остановки перед светофором двигатель он не выключал, последний работал нормально; судя по показаниям приборов, все было нормально и в электросети автобуса. Вдруг из под кожуха пошел дым, водитель поднял его, чтобы разобраться, что же произошло, а там уже происходило пламенное горение.

В результате пожара выгорело примерно 3/4 салона автобуса, место водителя и переднее место пассажира. Очаг пожара, судя по результатам осмотра, действительно находился где-то в зоне расположения двигателя. Однако исследование самого двигателя, системы его электропитания и других проходящих рядом проводов не выявило каких-либо признаков аварийной работы. Зато между силовыми ребрами охлаждения двигателя вдруг обнаружился неизвестный, сильно обгоревший предмет. Выяснилось, что это тряпка. Несмотря на то, что автобус был совсем новый, у него в двигателе подкапывало масло. Чтобы оно не попадало в салон, под ноги пассажиру, водитель-сменщик подтирал его тряпкой, а тряпку положил под кожух, в оребрение двигателя. И тряпка, пропитанная маслом, загорелась.

Иногда загоревшиеся предметы появляются в автомобиле по недомыслию водителя (владельца автомобиля), но с самыми благими намерениями.

В одном из городов Сибири произошло загорание легкового автомобиля. Очаг пожара располагался в моторном отсеке и при осмотре этого отсека эксперты обнаружили сверху

на двигателе обгоревшие остатки одеяла. Эксперты пришли к выводу, что загорелось именно одеяло, положенное владельцем на двигатель в целях его утепления и облегчения запуска. Факт такого рационализаторского решения подтверждали и соседи по гаражу. Но доказать ничего не удалось – владелец доказывал, что он накинул одеяло на горящий двигатель, а сверху навалил снега, с целью его потушить. Потушить, по его словам, не удалось, одеяло сгорело вместе со сгораемыми деталями двигателя.

15.8. Открытое пламя

Загорание автомобилей при воздействии открытого пламени обычно происходит при поджогах. Особенности работы по данной версии рассмотрены ниже, в подразделе 15.12.

Здесь же мы остановимся на прочих ситуациях, связанных с инициированием горения автомобиля открытым пламенем.

Электро-газосварка

Пожары по данной причине происходят обычно в результате несоблюдения элементарных правил безопасности. Многочисленны, например, случаи, когда сварку при ремонте кузова автомобиля проводят, не сняв сидения, горючую отделку салона, утеплитель, коврики на днище. В результате кондуктивного прогрева свариваемых деталей и разлетающихся при сварке искр возникает тление и пламенное горение указанных деталей. Может загореться битумное антикоррозийное покрытие днища и другие материалы и детали.

Особенно опасна в этом отношении сварка бензобаков, на некоторых марках автомобилей они по-прежнему изготовлены из металла. Прежде, чем приступить к заделыванию в них дыр с помощью сварки, необходимо провести ряд подготовительных мер, чтобы исключить наличие в них пожаровзрывоопасной концентрации смеси паров топлива с воздухом.

Разогрев двигателей открытым пламенем

Зимой водители дизельных автомобилей (в основном, грузовых) для разогрева замершего двигателя поджигают под картером двигателя поддоны с соляркой, используют горящие факелы и т.д. При этом могут загореться резина, пластмассовые детали автомобиля.

Открытое пламя в карбюраторном транспорте

Выхлоп пламени может возникнуть при обратной тяге через карбюратор. Загорание при этом, однако, редко происходит, если воздухоочиститель (воздушный фильтр) находится на своем месте [8].

Отметим, что сейчас эта проблема стала малоактуальной, поскольку большая часть легкового автотранспорта снабжена системой прямого впрыска топлива, что делает карбюратор излишним.

Горящие спички и тлеющие окурки в пепельнице автомобиля могут поджечь остатки в пепельнице и быть причиной огня, который перекинется на горючее пластмассовое изделие или материал сиденья [8].

Газовые печи

Водители – «дальнобойщики» для приготовления пищи и обогрева иногда используют портативные газовые плиты. В отдельных случаях их не выключают даже на ночь. Такая плитка, установленная в тесной кабине, может опрокинуться, могут загореться случайно упавшие на нее или находящиеся в непосредственной близости предметы.

Случаи таких пожаров не единичны. Сложно, правда, бывает доказать причастность плиты к возникновению пожара. Обычно это делается исходя из места расположения очага пожара, обстоятельств пожара и на основе исключения других источников зажигания.

В качестве примера можно привести пожар, произошедший на территории Финляндии в автомобиле Volvo FH-12. Согласно объяснению водителя, на момент возникновения пожара в салоне автомобиля находился газовый баллон, который использовался для приготовления пищи. Баллон был снабжен специальной горелкой, на которую сверху ставилась емкость (кастрюля, сковорода и т.п.) с пищей.

Остатки данного устройства для приготовления пищи были обнаружены непосредственно в очаге пожара, как и сама сковорода с остатками пищи.

Все обнаруженные оплавления электропроводников на данном автомобиле имели структуру, характерную для вторичного КЗ, то есть образовались в процессе пожара. Поджог и тлеющее табачное изделие как источник зажигания также были исключены в ходе экспертного исследования. Получалось, что источником зажигания могло быть только газовое нагревательное устройство.

Если данное нагревательное устройство перед началом пожара действительно находилось по месту обнаружения во включенном состоянии, то, учитывая значительное количество сгораемых материалов вокруг и близкое до них расстояние, загорание могло произойти по нескольким причинам – в результате загорания пищи на сковороде, загорания отделки салона от теплового излучения пламени, воздействия самого пламени на элементы отделки салона или посторонние предметы при опрокидывании «плитки» и т.д. Любая из вышеуказанных ситуаций могла привести к возникновению пожара [63].

Используются газовые печи и в транспорте, предназначенном для отдыха. В [8] отмечается, что подобные пожары достаточно часто случаются в США.

15.9. Механические (фрикционные) искры, трение

- Фрикционные искры
- Тепловыделение при трении

Фрикционные искры

Механические (фрикционные) искры, образовавшиеся при ударе в случае ДТП или внезапном разрушении какого-либо узла автомобиля, могут, в принципе, привести к воспламенению паро-газовоздушной смеси, образовавшейся, например, при одновременном выбросе в атмосферу топлива, мелкодиспергированного масла (аэрозоля) и т.д. В методическом пособии [62] один из авторов приводил пример взрыва в помещении главного дизель-генератора ледокола, произошедший в результате разрушения шатуна машины. Близкие по сути ситуации не исключены и в автомобиле.

Нельзя исключить возможность загорания от фрикционных искр отложений пыли (аэрогеля). Например, в случае, если у автомобиля оторвался и волочется по дороге глушитель или иной металлический предмет.

В основном методическом пособии американских коллег [8] отмечается, что «...искры, возникающие от удара стали о мостовую могут иметь достаточно энергии для зажигания паров жидкого топлива или газообразного топлива. Искры, возникшие при скорости 8 км/ч (5 миль/час), имеют температуру 1470 °F (800 °C) (оранжевые искры). При более высоких скоростях создается температура 2190 °F (1200 °C) (белые искры). Искры, возникающие от удара алюминия о мостовую, не могут быть источником зажигания. Искры могут возникать от трения движущихся частей, таких, как шкивы, о другие предметы (металлические). Искры от ударов инструментов о металл редко могут вызвать зажигание» [8].

Более подробно о зажигательной способности фрикционных искр – см. главу 5 книги 1.

При крупных авариях загорание автомобиля, инициированное фрикционными (ударными) искрами происходит довольно часто. Не зря при осмотре сторевших автомобилей пожарные дознаватели и специалисты (эксперты) особо отмечают в протоколе осмотра и последующем заключении наличие или отсутствие характерных деформаций кузова и других признаков ДТП. Однако здесь мы в качестве примера приведем незначительное транспортное происшествие, приведшее, тем не менее, к пожару и практически полному выгоранию автомобиля.

Автомобиль марки GREAT WALL HOVER CC6460 наехал на лежащую на дороге стальную рессорную пластину [64]. Как показала женицина – водитель автомобиля, при подъезде к железнодорожному переезду, она на дороге увидела металлическую пластину, объехать которую было невозможно, и водитель приняла решение пропустить ее между колес. При выполнении этого маневра, она услышала какой то звук, а через некоторое время в зеркале заднего вида увидела отражение пламени из-под автомобиля. Попытка тушения пожара огнетушителем не увенчалась успехом. К моменту прибытия пожарных автомобиль горел открытым огнём по всей площади за исключением двигательного отсека. В результате пожара автомобиль выгорел до состояния, показанного на рис. 15.11.

При осмотре салона и кузова автомобиля было отмечено, что наибольшие термические повреждения сосредоточены в средней и задней частях автомобиля.



Рис. 15.11. Вид автомобиля GREAT WALL HOVER CC6460 после пожара, с правой стороны [64]

На днище автомобиля наблюдались механические повреждения карданного вала, защиты топливного бака и его крепления, днища автомобиля со стороны карданного вала. Карданный вал, представляющий собой полую цилиндрическую металлическую трубку с толщиной стенки 3 мм, имел разрыв длиной 43 см со спиралевидным закручиванием металла. На защите топливного бака и днище автомобиля по центру, рядом с карданным валом, имелись механические вмятины от удара. Также было выявлено полное выгорание топливного бака и трубок системы топливоподачи.

Под днищем автомобиля была обнаружена металлическая пластина дуговой формы, длиной 495 мм, шириной 75 мм и толщиной 11 мм. (рис. 15.12). Один конец пластины с неровным рельефом и острыми кромками имел загиб одного угла, характерный для удара о твердую поверхность. На противоположной (по диагонали) стороне пластина была сточена до потери сечения по толщине около 8 мм на протяжении 30 мм, с характерным рисунком трения о твердую поверхность в виде продольных борозд.

Пластина имела деформацию в виде скручивания по форме пропеллера. На обеих поверхностях имелись пятна с характерным запахом нефтепродукта и следы горения в виде копоти, пятен выгорания копоти и термической ржавчины.

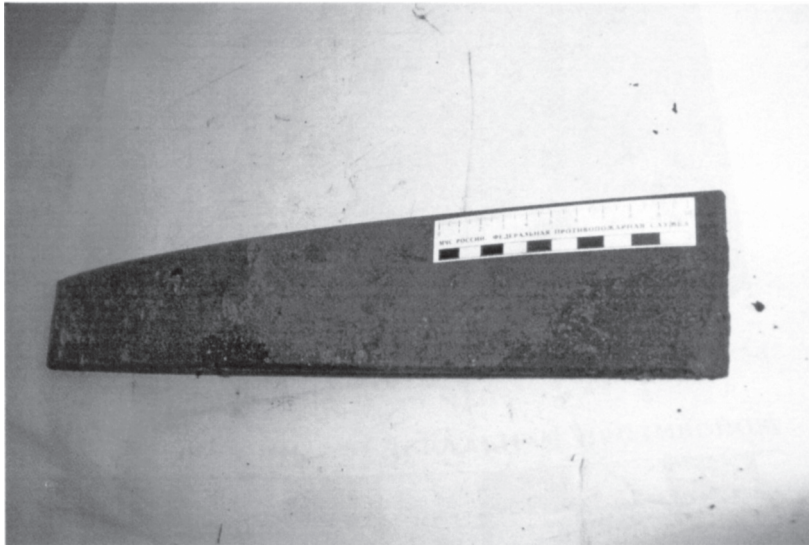


Рис. 15.12. Металлическая пластина, обнаруженная под днищем автомобиля [64]

По мнению экспертов, события, приведшие к пожару, развивались следующим образом. Вероятно, автомобиль наехал на пластину одним из передних колес, а, поскольку пластина имела дуговую форму, при этом произошел удар другим ее концом о карданный вал, днище автомобиля и защиту топливного бака. Такое стало возможным потому, что просвет между днищем автомобиля и дорожным покрытием составлял 198 мм, а длина пластины – 495 мм. Произошло разрушение карданного вала, что привело к интенсивным ударам о топливный бак, нарушению его герметичности. Удары о металлические элементы днища автомобиля способствовали образованию фрикционных искр. Одновременно происходило, судя по состоянию металлической пластины, ее трение об асфальт, что также должно было привести к интенсивному искрообразованию. Разгерметизация же топливного бака и подсоединенного к нему бензопровода обеспечило появление в зоне искрообразования паров легковоспламеняющейся жидкости и возникновение пожара.

Необходимо отметить, что в возникновении подобного пожара нет ничего удивительного. Днище современных легковых автомобилей плохо защищено от грубого механического воздействия, свойственного российским дорогам. В частности, бензопровод многих легковых автомобилей проходит прямо по днищу, частично или полностью изготовлен из полимерных материалов.

Тепловыделение при трении

Возможны различные ситуации, при которых к пожару в автомобиле может привести тепловыделение при трении. В [8] отмечается, что в автомобилях нагревание при трении вполне может привести к загоранию в ситуациях, когда от трения перегреваются приводные ремни, подшипники или крышки.

Рассмотрим некоторые из таких ситуаций.

Трение при разрушении колес или других пневматических элементов большегрузных автомобилей и автобусов.

Наверное, всем водителям на междугородных трассах встречались валяющиеся на обочинах разорванные крышки грузовых автомобилей, часто обгоревшие. Если водитель не обратит внимания, крышка лопнувшего колеса, свободно болтающаяся на диске, от трения может загореться, горение перейти на кузов, полуприцеп и находящиеся там грузы.

Подобная ситуация может возникнуть, например, в случае прокола одного из колес; особенно это опасно на трехосных (и с бо́льшим количеством осей) автомобилях, или в случаях, когда на одну ось устанавливается четыре колеса. В таких ситуациях прокол одного из задних колес

не повлияет на внешнее состояние автомобиля (отсутствует перекос рамы), и может в течение длительного времени оставаться незамеченным.

Приведем пример подобного пожара.

Во время движения автомобиля IVECO – MP380E37H, водитель увидел в зеркале заднего вида какое-то свечение. Остановившись, он обнаружил горение внутренней покрышки колеса, установленного на задней оси транспортного средства с правой стороны.

В процессе осмотра на раме автомобиля был обнаружен характерный след от трения. Другие источники зажигания в зоне горения отсутствовали.

Еще одну аварийную ситуацию рассмотрим на примере пожара, приводимого А.М. Ненуженко [65]. Он исследовал загорание грузового автоприцепа «Раин-Шмиер» автомобиля MAN.

Пожар произошел во время движения автомобиля с грузом по автомагистрали. Он был обнаружен по дыму из-под тента прицепа. Интенсивное задымление наблюдалось в передней правой части прицепа.

Прицеп сгорел полностью. Водитель предположил и эксперт, отведя другие версии, согласился, что в данном случае, вероятнее всего, лопнула воздушная подушка под одним из колес, что могло привести к трению и загоранию прицепа.

Осмотр автомобиля после пожара показал, что прицеп имеет 2 колесных оси, каждая из которых закреплена к двум продольным рычагам подвески. Передней частью данные рычаги шарнирно закреплены к кронштейнам рамы прицепа, а задней опираются на пневмоподушки, являющиеся упругими элементами прицепа. Других упругих элементов (рессор, пружин, торсионов) в подвеске прицепа не было.

Пол под местом расположения колес был выполнен из листовой стали. Расстояние от диска колеса до низа пола при разрушении пневмоподушки – 20 см. Очевидно, что при разрушении пневмоподушки должен произойти крен прицепа и трение резиновой покрышки колеса о металлическое днище.

В кузове автомобиля находились упаковки кресел в картонной гофротаре. При локальном разогреве пола в результате трения гофрокартон в кузове мог затлеть, положив начало процессу горения.

Практически аналогичный пожар произошел в Новгородской области. В кузове автофуры загорелись товары, упакованные в гофрокартон. И также за счет перекоса кузова и трения покрышки колеса о днище кузова. При осмотре после пожара на днище прослеживалась **явная локальная зона перегрева** с несколькими бороздами, повторяющими профиль протектора колеса [66].

Загорание большегрузных автомобилей может происходить и при аварийных ситуациях с передними колёсами. В этом случае резко возрастает риск ДТП, а также перехода горения на моторный отсек и кабину водителя.

В Калининградской области, в декабре 2010 года, у большегрузного автомобиля марки «IVECO-Stralis» на скорости переднее колесо попало в выбоину и разрушилось (лопнуло). В результате трения резина покрышки загорелась. Из разгерметизировавшейся при ударе топливной линии туда же потекло дизельное топливо, что резко увеличило интенсивность горения.

В результате сгорел сам автомобиль и груз в полуприцепе (рулоны коврового покрытия).

Этот случай интересен и тем, что у эксперта была возможность, кроме самого автомобиля, осмотреть и зафиксировать след на асфальте от разрушившегося колеса. Он представлял собой черную полосу длиной 143 метра с фрагментами резины от покрышки и обрывками корда.

На дороге нашли и причину разрушения колеса – выбоину в дорожном покрытии неправильной формы размером 46x36 см и глубиной 13 см. Расстояние от выбоины до начала следа на асфальте составляло 8,2 м [92]. Все это подтверждало версию возникновения пожара вследствие разрушения колеса автомобиля.

В Выборгском районе Ленинградской области на трассе Выборг-Санкт-Петербург на скорости лопнуло заднее колесо у двухэтажного полуприцепа, на котором из Финляндии везли новые легковые автомобили. От трения загорелась шина. Водитель вовремя заметил, остановился и бросился ликвидировать горение. Ему это удалось, тем не менее ущерб от пожара оказался значительный, т.к. от горящего колеса успел повредиться бок дорогого «Лексуса».

В последнем случае очаг и причина возгорания были очевидны, как и вывод о безусловной возможности подобной причины пожара.

Аналогичные аварийные ситуации могут возникать с автобусами. На фотографии (рис. 15.13) показан внешний вид задней части туристического автобуса (правого борта), у которого разрушилось одно из задних внутренних колес, возникло горение, перешедшее на кузов автобуса. Загорание произошло на Ленинском проспекте Санкт-Петербурга.



Рис. 15.13. Правый борт туристического автобуса после пожара, возникшего в результате загорания покрышки заднего колеса

Тепловыделение в тормозных системах автомобилей

При экстренных торможениях автомобиля температура тормозных колодок может достигать 600°C , а тормозная жидкость нагреваться до температуры 150°C и выше. Температура жидкости в гидроприводе тормозов грузовых автомобилей обычно не превышает 100°C , но при интенсивном торможении может достигать 120°C [7, 41], а возможно и больше. Поэтому тление, а то и загорание тормозных колодок – явление достаточно частое. Правда, оно редко приводит к пожару; обычно дело ограничивается дымом и неприятными запахами горящей резины.

Известны и иные случаи пожаров, связанные с тормозной системой автомобилей. Во многих моделях грузовиков и автобусов используется воздушный привод тормозов. При эксплуатации в зимнее время, при несвоевременном сливе конденсата из тормозной системы, в воздухопроводе могут образовываться ледяные пробки, которые после нажатия педали тормоза не дают расклиниться тормозным колодкам колеса. Если неисправность своевременно не обнаружена водителем, тормозные колодки и диски колес могут от трения нагреться до высокой температуры и поджечь

сгораемые материалы под крылом автомобиля. В [39] указывается, что по такой причине (заклинивание тормозных колодок) в январе 2001 в Красноярске полностью выгорел пассажирский автобус MAN. Пожар возник во время движения автобуса.

15.10. Тлеющие табачные изделия

Как уже отмечалось ранее (см. главу 4 книги 1), для того, чтобы возникло горение по данной причине, источник зажигания (окурок) должен попасть в зону, где находятся материалы, склонные к самоподдерживающему тлеющему горению, а также имеются условия для аккумуляции тепла. При этом возникновение пожара от малоомощного источника зажигания характеризуется обычно достаточно длительным периодом тления, при котором происходит выделение дыма, гари и т.п.

Поэтому в случае нахождения очага пожара в моторном отсеке, данная версия возникновения пожара выглядит довольно сомнительной, в то числе и в связи с отсутствием в данной зоне необходимых материалов.

Более вероятно загорание по данной причине в *салоне* легкового автомобиля. Хотя современные ткани обивки обработаны антипиренами и их трудно зажечь сигаретой. Не склонны к самоподдерживающемуся тлению и термопластичные полимерные материалы, также применяющиеся в отделке салона. Зажигание может произойти, если тлеющая сигарета будет находиться среди мусора, бумаги, или между подушками сидений (при условии, что они не обтянуты термопластичным полимерным материалом).

Правда, версия о причастности тлеющего табачного изделия достаточно часто возникает и рассматривается в случае загорания соответствующего *груза в грузовых автомобилях*. Методика анализа версии в этом случае стандартная и мало чем отличается от случаев загорания тех же грузов где-нибудь на складе. Разве что, поток воздуха при движении автомобиля может, как затруднять развитие процесса тления, охлаждая зону горения, так и, наоборот, способствовать ему. В данном случае надо учитывать тип кузова (открытый, закрытый), характер груза, как он уложен и т.д. Окурок может быть заброшен в открытый кузов при движении и остановках, заронен при погрузке.

Иногда к возникновению горения может привести редкое стечение обстоятельств.

Так, например, место возникновения горения автомобиля Opel Corsa ни у кого не вызвало сомнения – примерно на 1/3 выгорел воздушный фильтр, и незначительно оплавилась крышка его корпуса. Что могло послужить причиной возгорания воздушного фильтра?

Необходимо отметить, что пожар произошел во время движения автомобиля. На перекрестке водитель – молодая девушка – увидела дым, выходящий из-под капота, после чего по телефону она вызвала техническую помощь, и стала ждать ее приезда. Когда приехали сотрудники технической службы и открыли капот, они обнаружили горение крышки корпуса воздушного фильтра.

*Бумажный фильтрующий элемент внутри фильтра выгорел примерно наполовину, причем **со стороны, обращенной к воздухозаборному отверстию**, вторая половина полностью сохранилась. Между выгоревшей и невыгоревшей зонами наблюдалась четкая граница, характерная для режима тления.*

Версия теплового самовозгорания исключалась, остатков масла в воздушном фильтре обнаружено не было. Всё электрооборудование, как и другие системы автомобиля, находились в исправном состоянии и располагались вне зоны горения.

Изучая конструкцию автомобиля, было установлено, что воздухозаборник на данной марке автомобилей расположен спереди, под декоративной решеткой радиатора, при этом его входной диаметр составляет около 10 см. Вероятнее всего, в него попал окурок, выброшенный из проезжающей машины, после чего воздушным потоком окурок засосало в воздушный фильтр. В результате чего и произошло возгорание фильтра.

Данная причина объясняет и относительно медленную динамику развития горения – с момента обнаружения дыма до момента тушения (приезда специалистов технической помощи) прошло около 20 минут, а горение так и не вышло за пределы локальной зоны, в которой находился воздушный фильтр [23].

15.11. Поджог

- Расположение очагов пожара и их количество
Характерные термические поражения
- Остатки поджигающих устройств
- Розлив горючей жидкости и поиски ее остатков
- Имитация техногенной причины пожара
- Создание условий для распространения горения
- Прочие признаки поджога
- Дифференциация поджога с помощью ЛВЖ и пожара, возникшего в результате утечки горючей жидкости при технической неисправности транспортного средства

В главе 14 достаточно подробно расписаны основные и косвенные признаки поджога, порядок анализа данной версии применительно к объектам вообще. Поэтому в данном разделе мы остановимся в основном на особенностях проявления этих признаков на автомобилях.

Расположение очагов пожара и их количество. Характерные термические поражения

Основная масса поджогов автомобилей в России совершается из хулиганских побуждений или с целью мести, угрозы владельцу. При этом поджоги крайне редко совершаются «экзотическими» способами с применением радиоуправляемых и т.п. устройств.

Обычно автомобили поджигают самым простым способом, с помощью подручного средства – бензина. В этом случае его могут налить в салон или облить машину снаружи, хотя возможно сочетание и того и другого. Наиболее распространенный способ заключается в том, что заранее подготовленным или найденным вблизи от автомобиля тяжелым предметом разбивается одно из боковых стекол, при этом, как правило, этот предмет остается внутри салона. Затем внутрь салона забрасывается заранее подготовленная и предварительно открытая емкость с горючей жидкостью (как правило – 0,5-5,0 л.) и источник воспламенения.

В первом случае формируются признаки очага в салоне, и, если машина была закрыта, должны быть признаки механического разрушения стекол.

Во втором случае, если бензин налили на борта автомобиля и под него, выраженные термические поражения образуются в зонах, где после разлития остался бензин или куда он стек, в том числе, по водоотводным канавкам (см. ниже). Часто сильно выгорают колеса, а также покрытие днища автомобиля, если бензин горел под ним.

Известны случаи, когда поджигатели кладут тряпки, смоченные горючей жидкостью, сверху на колеса, внутри колесных арок. И там образуются характерные локальные выгорания резины, а также локеров и (или) антикоррозийного покрытия колесных арок.

Ветошь, пропитанная горючей жидкостью, может подкладываться и под колеса. Ее обугленные остатки там и остаются, а покрышки при этом локально выгорают снизу.

Иногда открывается горловина бензобака, заранее подготовленная ветошь пропитывается содержимым бензобака. Затем эта ветошь вставляется в горловину бензобака и свисающий ее конец поджигается.

При разливе ЛВЖ по корпусу автомобиля, на капоте, крыше, багажнике, в зонах скопления жидкости и, соответственно, наиболее интенсивного горения, могут наблюдаться локальные выжженные пятна.

Необходимо, в частности, обращать внимание на характер обгорания *нижней части кузова*. При горении разлитого под автомобилем топлива, обгорает покрытие днища (лакокрасочное или антикоррозийное), а также нижней части кузова и дверей. При расположении очага горения внутри автомобиля, красочное покрытие на наружной поверхности и, особенно в нижней его части

сохраняется на большей высоте. За счет попадания горючей жидкости локально выгорают автомобильные шины, резиновые брызговики на колесах.

Как и при поджогах в зданиях и сооружениях, характерным признаком поджога может быть наличие **двух и более очагов пожара**.

Несколько очагов пожара могут формироваться и помимо воли поджигателя, по причине растекания разлитой им горючей жидкости. Как это может происходить, хорошо видно на примере полномасштабного эксперимента по поджогу автомобиля «Тойота Супра» [69]. Поджог автомобиля совершали путем обливания бензином капота (моторного отсека) автомобиля. Но при этом небольшая часть бензина попала, видимо, на крышу и стекла с нее на задний правый фонарь автомобиля. Там она попала в весьма благоприятную среду – на пористый полимерный материал. Горение в эту зону распространилось, вероятно, по пленке бензина в момент поджога автомобиля (слово «вероятно» присутствует в данном тексте, потому что это распространение экспериментаторы даже не успели заметить). А затем горение в зоне заднего фонаря начало постепенно развиваться, явно проявившись как дополнительный очаг горения, изолированный от основной зоны горения, примерно на третьей минуте. В результате сформировалась вторая, дополнительная зона локального выгорания, при осмотре автомобиля после пожара воспринимаемая, как самостоятельный очаг пожара, изолированный от основного очага (рис. 15.14)



Рис. 15.14. Автомобиль Тойота Супра после поджога

1. основная очаговая зона
2. дополнительная зона горения, образовавшаяся за счет стекания разлитого при поджоге бензина

Кстати, интересен вопрос – следует ли эту вторую зону считать вторым очагом пожара? Или это просто очаг горения?

При осмотре автомобиля после пожара данная зона по визуальным признакам воспринимается как безусловный второй очаг пожара. Но, зная, как происходил поджог, мы должны констатировать, что это все-таки очаг горения, т.к. поджог с помощью факела как источника открытого огня, был совершен только лишь в основной зоне, а во вторую зону горение распространилось из первой. Очаг пожара – там, где источник зажигания инициировал загорание горючего вещества и это только первая зона.

Впрочем, и в том, и в другом случае наличие второй локальной зоны горения является в данном случае признаком поджога, т.к. она не могла сформироваться без участия разлитой горючей жидкости.

Остатки поджигающих устройств

При осмотре автомобиля после пожара, под ним, а также внутри салона могут быть обнаружены остатки емкостей со следами горючих жидкостей, осколки стекол «неавтомобильного» происхождения, остатки факелов, зажигалок, спичечных коробков, непонятных по устройству и назначению технических устройств, фрагментов электропроводов с элементами автономного электропитания. И т. д.

На *прилегающих к месту пожара участках* могут быть обнаружены указанные выше сосуды из-под горючей жидкости или другие использованные при поджоге объекты, например, шланг, примененный в качестве сифона для откачки бензина из бензобака

Пластмассовая тара из-под горючей жидкости (бутылки, банки) очень редко полностью выгорают, обычно сохраняются расплавленный и обугленный остаток, который обнаруживается на полу, на сидении внутри автомобиля или на крыше, на капоте.

Ранее, в главе 14, посвященной поджогам, мы приводили фотографии и результаты исследования двух оплавленных и обгоревших емкостей с остатками бензина, найденных в автомобилях.

В Воронеже, при осмотре экспертами после пожара автомобиля Seat, были обнаружены остатки поджигающего устройства, представляющие собой «полимерный материал кляксообразной формы, в который вплавлены сгоревший бенгальский огонь и несколько охотничьих спичек» [70].

Необходимо отметить, что тряпки и другие подобные детали факелов также редко сгорают полностью, до золы. Обычно от них все же остается недогоревший, обугленный агломерат. Часто, несмотря на обгорание, он имеет характерный запах использованной горючей жидкости. Его требуется сфотографировать по месту обнаружения и изъять для исследований (см. главу 14)

Признаки разлива горючей жидкости и поиски ее остатков.

Признаки использования горючей жидкости в качестве средства поджога уже в основном рассмотрены в главе 14, поэтому здесь мы остановимся лишь на некоторых нюансах, связанных с поджогами именно автомобилей.

Специфичными для автомобиля является, в частности, растекание горючей жидкости по водоотливным канавкам при обливании автомобиля снаружи и формирование зон локального выгорания в местах скопления этой жидкости; обгорание днища при горении жидкости под автомобилем.

Ковер на полу салона в обычных случаях бывает мало поврежден огнем. При поджоге с применением ЛВЖ, которую вылили внутрь салона, он частично или полностью выгорает, в том числе, в виде лужеобразного контура. Образуются прогары на панелях под дверьми и в нижней части дверей.

Для **поисков остатков ЛВЖ (ГЖ) в автомобиле и рядом с ним**, выявления мест локализации остатков горючей жидкости может быть использован, в частности, **газоанализатор** с фотоионизационным детектором (АНТ-3, Колион).

Конечно, само по себе обнаружение в автомобиле следов той жидкости, которая применяется в нем в качестве моторного топлива, не может рассматриваться в качестве признака поджога. Тем не менее, в отдельных случаях, внутри салона стоит отобрать пробу для обнаружения остатков ЛВЖ и установления их типа, марки. Такое исследование может оказаться полезным, если будет установлено, что обнаружено ЛВЖ другого типа или марки, нежели в двигателе данного автомобиля; если будут обнаружены не следовые (что естественно), а значительные по количеству и малоизмененные за счет испарения остатки горючей жидкости. Все это в сочетании с прочими установленными фактами (обнаружение характерных пятен от сгорания ЛВЖ, тары, остатков факелов и т.д.), обстоятельствами возникновения и динамикой развития горения позволит доказать факт поджога.

Западные коллеги отмечают: *«...Современные транспортные средства на 30 процентов состоят из пластмасс (по весу). Возрастает доля пластмасс в панелях кузова, внутренней отделке и так далее. Пожар может охватить весь автомобиль. Опыт показывает, что многие поджигатели используют большие количества акселеранта – обычно бензина – для распространения пожара. Если поджигатель не обеспечивает достаточную вентиляцию, пожар иногда гаснет сам по себе. В таком случае образцы берутся на сиденьях, в приборной*

доске, половом покрытии... Опыт работы с сильно поврежденными при пожаре транспортными средствами показывает, что отличные образцы можно найти на полу перед сиденьями, где акселеранты поглощаются ковровым и фетровым покрытием. У легковых автомобилей и грузовиков приборная доска и панели часто плавятся и попадают на пол в начале пожара, препятствуя испарению акселеранта» [71]. Для отбора проб на полу рекомендуется также оторвать (поднять) покрытие пола – остатки горючей жидкости могли просочиться туда и сохраниться в ходе пожара.

Горючую жидкость имеет смысл искать и за пределами автомобиля. В [71] совершенно справедливо отмечается, что «...в идеале расследование пожара транспортного средства должно проводиться на месте пожара. Многие поджигатели «прокладывают дорожку» акселеранта от транспортного средства до того безопасного места, где они производят зажигание. Исследование следов огня на дверцах транспортного средства обычно дает информацию о том, какая дверца была приоткрыта и как была проложена дорожка. Возьмите образцы почвы».

Если же точно установить разновидность обнаруженной жидкости не представляется возможным или по типу и марке оно совпадает с собственным топливом автомобиля или иными, находящимися в нем, горючими жидкостями, то возникает вопрос – а не принадлежит ли эта горючая жидкость само- му автомобилю, не вылилась ли она в результате разгерметизации топливной и иных систем?

Решению данного вопроса было посвящено специальное исследование [13, 72, 73] и в конце этого раздела о возможностях дифференциации утечки топлива в результате технической неисправности и поджога с его применением, рассказывается более подробно.

Имитация техногенной причины пожара

Западные специалисты по расследованию пожаров, которые обычно имеют дело с поджогами автомобилей с целью получения страховки, отмечают, что признаками такого рода поджогов являются, в частности, искусственные нарушения системы подачи топлива (ослабленные винтовые соединения, перерезанные трубки), замыкания проводов на корпус и другие искусственно созданные неисправности.

Учитывая эти обстоятельства, рекомендуется оценить *состояние двигателя* – двигатель осматривается с целью определения, все ли его детали находятся на месте (за исключением тех, которые могли выгореть или расплавиться). Отсутствие других деталей – подозрительно [8].

Топливная линия должна быть осмотрена на предмет определения ее целостности. Кроме рассмотренной выше ситуации, когда к возникновению пожара привела случайная разгерметизация топливной линии и утечка топлива, возможно и преднамеренное выведение ее из строя. Разъединение топливной линии, включение двигателя и педали газа – один из распространенных способов поджога. Учитывая это обстоятельство, советуют «*выявлять и фиксировать следы ослабления хомутов, разрезы шлангов, ослабление и полное отсоединение винтовых соединений. Вблизи могут быть обнаружены карбонизованные (обгоревшие) остатки спичек*» (!) [8].

Советуют также осмотреть *крышку горловины и сливной кран бензобака*, если таковой имеется – при поджоге крышку часто снимают и оставляют открытой (при срыве крышки в результате взрыва должны быть отогнуты фланцы). Сливной кран бензобака (если таковой имеется) при поджоге может быть открыт или снят специально [8].

Иногда в ходе экспертного исследования оказывается, что при всей, казалось бы, очевидности техногенной природы пожара, *отдельные выявленные признаки* термических поражений, проявления аварийных режимов и т.д. никак *не сочетаются с данной версией* и могли бы явиться только следствием искусственного инициирования горения.

Мы уже упоминали пожар туристического автобуса Икарус, произошедшего в 90-х годах прошлого века в Ленинградской области. Автобус был застрахован от пожара на крупную сумму и сгорел на трассе Санкт-Петербург – Выборг при достаточно странных обстоятельствах. Водитель, он же владелец автобуса, утверждал, что автобус загорелся на ходу, горение возникло

в расположенном сзади моторном отсеке. Исследование автобуса позволило выявить в моторном отсеке более десятка дуговых оплавлений, при этом 12 из них имели признаки, характерные для ПКЗ. Обнаружен был и еще один очаг пожара – в одном из багажных отсеков автобуса. Этот очаг не имел ни «огневой», ни электрической связи с моторным отсеком. Эксперты (вместе с пожарными экспертами с данной ситуацией разбирались и специалисты – автотехники и автоэлектрики) пришли к единодушному выводу о том, что такое сочетание термических поражений и аварийных признаков не может быть следствием ни одного аварийного режима, возникшего естественным путем и потому пожар инициирован **искусственно**.

Приведем еще один, более свежий, но не менее интересный пример пожара, произошедшего в Калининградской области [93].

Ночью, около 04.30, на охраняемой стоянке одного из предприятий загорелся автомобиль Toyota Land Cruiser 100. Пожар вовремя обнаружил сторож и ликвидировал горение «при помощи подручных средств (воды)».

Осмотр автомобиля после пожара показал, что в салоне какие-либо признаки горения отсутствуют. С внешней стороны корпуса термические поражения имелись «...только на капоте с левой стороны – в виде зоны с частичным отслоением краски ближе к ветровому стеклу, на левом переднем крыле – в виде участка с выгоранием лакокрасочного покрытия... Остекление салона нарушено не было, но ветровое стекло имело многочисленные трещины в левой нижней части, закопчено. Повреждена тепловым воздействием левая щетка стеклоочистителя – в виде фрагментарных оплавлений пластиковых элементов. Оплавлена пластиковая облицовка обтекателя между капотом и лобовым стеклом, преимущественно с левой стороны. Под облицовкой обтекателя на панели рамки ветрового стекла и рычаге стеклоочистителя наблюдается обугливание ЛКП и частичное выгорание... Оплавлен уплотнитель ветрового стекла с левой стороны. Выгорели резиновые трубки стеклоочистителя» (рис. 15.15).

Основная же зона горения располагалась, как выяснилось, **в моторном отсеке, в районе установки главного тормозного цилиндра**. Там имелась «...локальная зона максимальных термических поражений, о чем свидетельствуют оплавление и частичное выгорание бачка с тормозной жидкостью, преимущественно в верхней части». Верхняя часть бачка тормозной жидкости была оплавлена почти до половины (рис. 15.16). От крышки бачка уцелел только небольшой «...фрагмент пластического материала круглой формы с железной вставкой. На оплавленной поверхности тормозного бачка наблюдаются прогары хаотичной формы со стороны ближней к левому крылу». На внутренней стороне капота, над бачком, наблюдалось выгорание утеплителя капота.

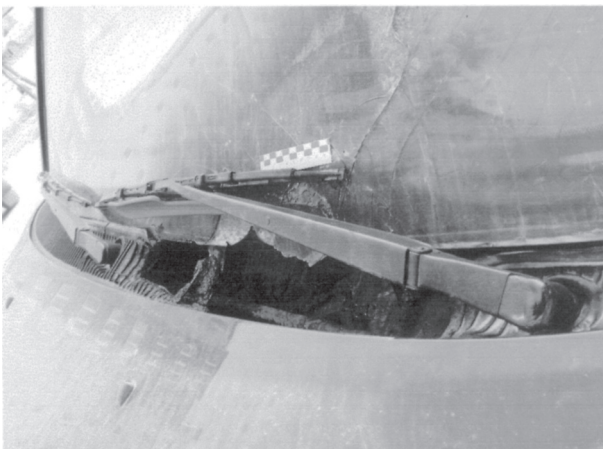


Рис. 15.15. Повреждения ветрового стекла и панели рамы ветрового стекла [93]

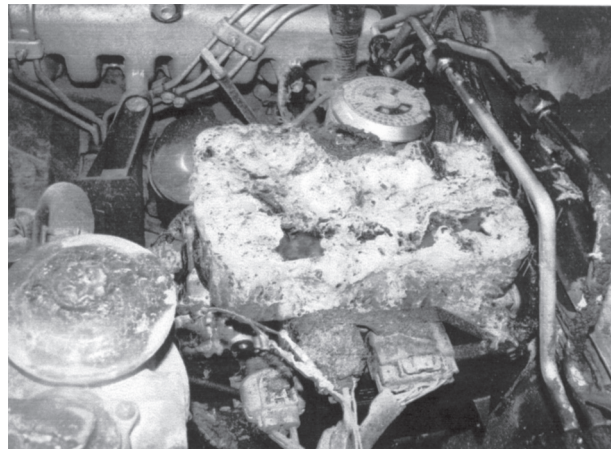


Рис. 15.16. Повреждения в моторном отсеке, в районе расположения главного тормозного цилиндра (вид с левой стороны) [93]

Интересно отметить, что три жгута электропроводов, подходящих к главному тормозному цилиндру и соединительные штекеры имели подплавления и частичное выгорание изоляции со стороны, обращенной к бачку тормозного цилиндра, но дуговых оплавлений и иных признаков электрических аварийных режимов не имели.

Прочие элементы электропроводки и электроагрегаты в моторном отсеке дуговых оплавлений и признаков протекания пожароопасных аварийных режимов работы также не имели. Полное выгорание изоляции (но без признаков КЗ) имел только двужильный электрический провод, находившийся непосредственно около передней части тормозного бачка. Все электрические предохранители автомобиля оказались целыми.

При анализе возможных версий возникновения пожара эксперт Мешков А. М. [93] отвел на основании отмеченного выше, «электротехнические» версии и счёл **«...наиболее вероятной версией о загорании материалов в зоне очага пожара от привнесенного источника зажигания неустановленной классификации при открытом капоте»**

Обратим внимание на тезис об «открытом капоте». Это очень важно в данном случае. При осмотре автомобиля после пожара эксперт отметил, что *«... при закрытом автомобиле и капоте моторного отсека попадание вышеописанного источника зажигания в зону очага пожара... не представляется возможным, т.к. капот плотно прилегает к конструкциям передних крыльев и к уплотнительной резинке с задней стороны. Каких-либо технологических отверстий на капоте не обнаружено. Попадание... через облицовку обтекателя со сквозными отверстиями, расположенной над нишей панели рамки ветрового стекла, тоже не представляется возможным, ввиду наличия перегородки с моторным отсеком»*. Таким образом, получается, что указанный «привнесенный источник зажигания» мог попасть в очаговую зону только при **открытом** капоте. Заметим при этом, что, когда сторож тушил горящий автомобиль, капот был закрыт.

Кроме того, интересна пространственная взаимосвязь зоны термических поражений внутри моторного отсека, по месту нахождения тормозного бачка, и снаружи, у ветрового стекла, на облицовке обтекателя. Разобравшись на месте с конструктивными особенностями автомобиля, эксперт констатировал, что при закрытом капоте переход горения из первой зоны во вторую невозможен, т.к. моторный отсек отделен металлической перегородкой от места расположения облицовки обтекателя и рамки ветрового стекла. При этом все уплотнители сохранились и лишь немного закопчены. По мнению эксперта, *«...повреждения облицовки обтекателя произошли, вероятнее всего, за счет падения горящих фрагментов утеплителя капота, а это возможно только при открытом положении капота»*. Не исключен, вероятно, и второй вариант – это второй очаг пожара.

Отметим также, что при осмотре места пожара на крышке капота, в нише панели рамки ветрового стекла и рядом с автомобилем были обнаружены обгоревшие спички.

Эксперт в своем заключении, дабы не выходить за пределы компетенции, не развивал мысль далее выводов о «привнесенном источнике зажигания» и «открытом капоте». Мы же, учитывая тематику данного раздела, отметим, что всё это очень похоже на *имитацию* загорания в моторном отсеке по причине какого-то аварийного режима. Причем сделал это человек, имевший возможность открыть и закрыть капот автомобиля. Далее – поле для размышлений представителей страховой компании, компании – продавца (производителя) и следственных органов.

Создание условий для распространения горения

Как и при поджоге в домах и иных сооружениях, «серьезный» поджигатель старается создать условия для лучшего воздухообмена и, соответственно, более интенсивного горения. Понятно, что если поджечь внутри закрытого салона автомобиля, то через некоторое время горение может прекратиться. Поэтому при поджоге (обычно с целью получения страховки) двери и окна часто открывают специально – чтобы лучше горело. В ходе осмотра автомобиля после пожара рекомендуется определять **положение окон и дверей на момент пожара**. Если оконные стекла разрушены, их положение устанавливается по положению рычагов стеклоподъемника; положение

дверей – по повреждению их торцов. Открытые окна в холодную и дождливую погоду, а также при нахождении автомобиля на стоянке – подозрительны [8].

Прочие признаки поджога

К косвенным признакам поджога можно отнести *наличие следов проникновения* в автомобиль. Это могут быть разбитые стекла, следы взлома дверей и багажника.

При поджогах по корыстным мотивам косвенным признаком может быть *несоответствие* тех или иных показаний водителя (хозяина автомобиля) установленным фактам, следовой картине пожара, физическим законам возникновения и развития горения. Так, например, если водитель утверждает, что автомобиль загорелся у него во время движения – на дороге должны быть следы резкого торможения; их отсутствие – подозрительно

Необходимо также обращать внимание на *признаки попыток потушить пожар* – брошенный огнетушитель, следы огнетушащего порошка в зоне первоначального горения и т.д. Если владелец утверждает, что пытался тушить пожар, но указанных признаков не наблюдается, это тоже подозрительно.

В пользу версии о поджоге по корыстным мотивам могут свидетельствовать разные «мелочи». К последним относится, например, отсутствие в салоне и багажнике остатков сгоревших вещей, запасного колеса, инструмента и т.д., которые хозяйственный владелец-поджигатель вынимает перед поджогом, чтобы «добро не пропадало». В литературе по расследованию поджогов отмечается, что колеса (автомобильные шины) при поджоге иногда заменяются «экономным» владельцем на старые; поэтому колеса должны быть осмотрены и зафиксировано их состояние (не только термические поражения, но и степень износа) [8].

Дифференциация поджога с помощью ЛВЖ (ГЖ) и пожара, возникшего в результате технической неисправности транспортного средства

Практический опыт исследования пожаров и конструктивные особенности, присущие большинству автомобилей, позволили предположить, что должны существовать различия в характере розлива посторонних жидкостей при поджоге и собственного моторного топлива при технической неисправности, и что эти различия, возможно, удастся использовать в экспертных целях.

Ю. Н. Елисеевым с соавторами были проведены специальные экспериментальные исследования по моделированию розлива ГЖ при поджоге; анализу возможных мест утечки топлива при разгерметизации топливной системы и определению объемов вытекающего при этом бензина на автомобилях ВАЗ 2106, ВАЗ 2109, ВАЗ 2111, AUDI 80, FIAT CROMA и Toyota Supra [13, 72, 73].

Установлено, что наиболее вероятными местами утечек топлива из системы питания двигателя являются зоны соединения топливопроводов с помощью гибких шлангов, расположенные либо в моторном отсеке, либо около бензобака. Объемы вытекающего при этом топлива достаточны, чтобы при возгорании стать источником зажигания твердых горючих материалов транспортного средства.

Стратификация (распределение в пространстве) розлива топлива *при разгерметизации топливной системы* изучалась на примере автомобиля Toyota Supra. *Производили разгерметизацию гибких шлангов, соединяющих подающий трубопровод с бензобаком и рамной форсункой, далее с помощью фотоионизационного детектора АНТ-3 измеряли концентрации паров бензина.*

Как видно из рис. 15.17, при зондировании газовой фазы над местом стоянки автомашины с помощью газоанализатора, четко устанавливается локализация зон розлива. Зоны не сливаются, как это можно было ожидать – места максимальных концентраций паров полностью соответствуют местам разгерметизации.

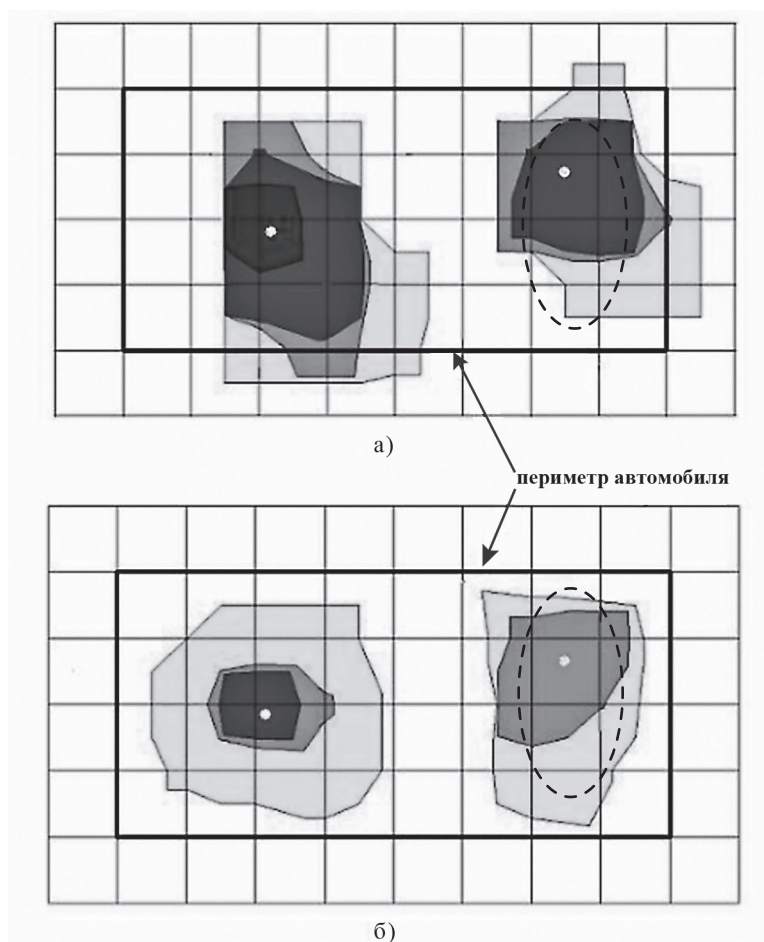
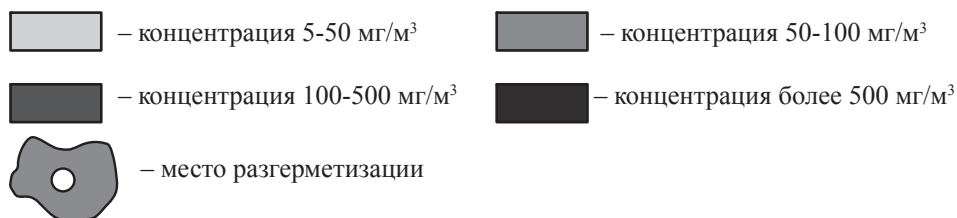


Рис. 15.17. Стратификация разлива горючей жидкости при разгерметизации топливной системы автомобиля Toyota Supra (Пунктиром обозначена зона установки топливного бака)

а) через 2 часа после разгерметизации;

б) через 30 часов после разгерметизации



Очевидно, что очаговая зона должна формироваться под днищем автомобиля под поврежденным топливопроводом.

Установлено, что существующее мнение о том, что разгерметизация топливной линии при работающем двигателе должна привести к нарушению его питания и, соответственно, к перебоям в работе, не совсем верно. Утечка топлива и загорание из-за конструктивных особенностей систем питания современных автомобилей, могут происходить «бессимптомно». При этом количество вытекшего топлива регламентируется только размерами повреждения и длительностью работы двигателя.

Моделирование разлива ЛВЖ или ГЖ при совершении поджога проводилось в ходе серии экспериментов путем выплескивания на автомобиль определенного количества жидкости с разных пространственных положений. При этом наблюдалось стекание горючей жидкости с кузова автомобиля и ее скопление на грунте или дорожном покрытии. Выяснилось, что :

– основное количество жидкости отводится сливными каналами, в большинстве марок легковых автомобилей жидкость стекает на грунт чуть позади передних колес автомобиля;

– часть жидкости стекает с автомобиля по капоту и крыльям.

При совершении реального поджога выгорание горючей жидкости в вышеуказанных местах ее скопления должно приводить к соответствующим экстремально высоким термическим поражениям корпуса легкового автомобиля. В частности, должны наблюдаться:

- несколько очагов горения, и, соответственно, зон локальных термических поражений кузова, расположенных в местах отвода жидкости сливными каналами, в месте стекания с капота и крыльев;
- локальное выгорание передних колес и бампера, характерные пятна на грунте или дорожном покрытии, около моторного отсека;
- термические поражения лакокрасочного покрытия автотранспортного средства (чаще всего на капоте и крыльях).

При этом особенно характерным (квалификационным) признаком поджога с применением горючей жидкости будут **локальные термические поражения корпуса и других деталей автомобиля над местом стекания жидкости по водоотливным каналам**. Конечно, особенности конструкции автомобилей различных типов и марок будут вносить коррективы в указанные выше признаки, но общие тенденции сохраняются.

Выявленные закономерности распределения горючей жидкости позволили определить пути решения проблемы дифференциации поджога и загорания автомобиля в результате утечки топлива, а также исключения более ранних техногенных загрязнений, которые могли находиться в данном месте. Для этого при осмотре места пожара и возникновении версии о поджоге или технической неисправности, приведшей к розливу топлива, рекомендуется проводить измерения или отбирать пробы грунта в следующих местах (рис. 15.18):

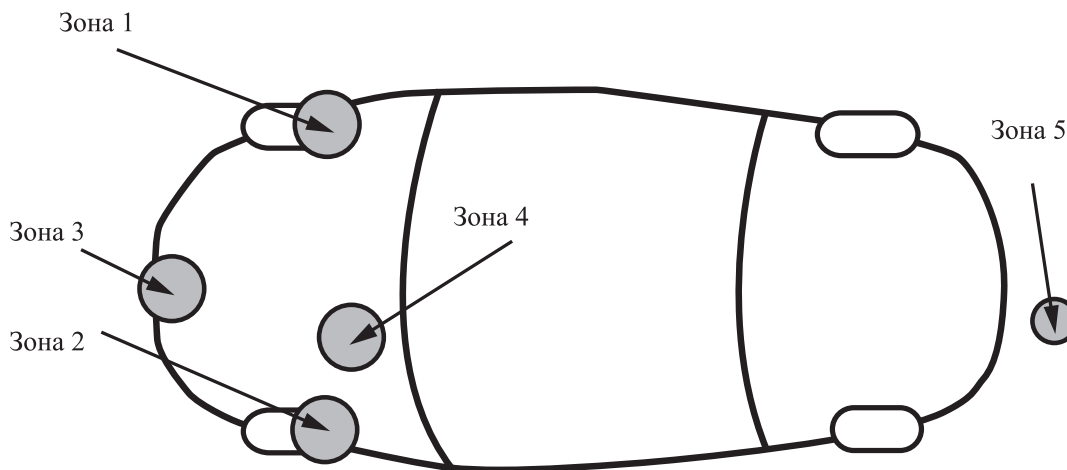


Рис. 15.18. Рекомендуемые места отбора проб грунта (измерения концентрации паров ЛВЖ) при осмотре сгоревшего автомобиля

а) **Зоны № 1 и № 2.** В данных местах у большинства марок современных легковых автомобилей скапливается жидкость, отведенная сливными каналами и стекающая с крыльев автотранспортного средства.

б) **Зона № 3.** В данном месте также может скапливаться жидкость, стекающая с капота (и на некоторых автомобилях отведенная сливными каналами, например на ВАЗовских «классических» моделях).

в) **Зона № 4.** Место скопления горючей жидкости в случае разгерметизации топливной системы.

г) **Зона № 5.** Контрольная точка (для определения техногенных загрязнений).

Отбор проб в контрольной точке проводится на расстоянии не менее 1,5 м от автотранспортного средства, со стороны капота или багажного отсека автомобиля.

Сравнение концентраций остатков горючей жидкости в указанных точках (или паров над ними, если для анализа применялся газоанализатор) может дать важную криминалистически значимую информацию. При совершении поджога количество ЛВЖ в первых трех зонах (причем в зоне № 1 и № 2 количества должны быть примерно соизмеримы) будет значительно выше, чем в четвертой и пятой, а при разгерметизации топливной системы максимальное количество будет находиться в четвертой точке.

Указанные выше соображения относятся к случаю, когда автомобиль при поджоге стоит на легковпитывающем (грунтовом) покрытии. При твердом покрытии и негоризонтальной площадке следует считаться с возможностью стекания горючей жидкости и ее горения по «трассе ручейков» и в местах образования луж.

Дифференцирующие признаки, позволяющие отличить поджог с применением ЛВЖ и загорание автомобиля в результате технической неисправности, связанной с утечкой ЛВЖ, приведены в таблице 15.10.

Таблица 15.10

Дифференцирующие признаки поджога с применением ЛВЖ и загорания автомобиля в результате технической неисправности, связанной с утечкой ЛВЖ [58]

Признак	Поджог с применением ЛВЖ	Техническая неисправность (утечка ЛВЖ /ГЖ)
Очаг пожара вне автомобиля	+	–
Очаг пожара вне зоны нахождения «штатных» потенциальных источников зажигания	+	–
Очаг пожара внутри салона	+	–
Стратификация разлива «поджогового» типа	+	–
Стратификация разлива «неподжогового» типа	–	+
Локализация очаговых признаков в местах возможной разгерметизации систем с ГЖ	–	+
Наличие остатков зажигательных устройств	+	–
Морфологические признаки механического разрушения стекол	+	–
Морфологические признаки произвольного рассоединения линий подачи ЛВЖ	–	+
Загорание во время движения или непосредственно после остановки (при горячем выхлопном тракте)	–	+
Несовпадение идентификационных признаков обнаруженной жидкости и «штатных» жидкостей автомобиля	+	–

15.12. Зажигание внешней пожарной нагрузки

- Искры и отработанные газы из выпускной системы транспортного средства
- Загорание при контакте с нагретыми поверхностями автомобиля
- Зажигание паро-газо-воздушных смесей нормально искрящим оборудованием автомобиля
- Отработка версии

Кроме рассмотренных выше пожаров, возникающих в результате контакта имеющихся в автомобиле потенциальных источников зажигания с горючими веществами и материалами, принадлежащими самому автомобилю, возможны ситуации, когда автомобиль оказывается причастен к загоранию внешней пожарной нагрузки – травы, опилок, других горючих материалов. Возможно возникновение пожара при въезде автомобиля или другого транспортного средства (или попытке завести его) в зону, где сформировалось паро-газо-воздушное облако взрывоопасной концентрации.

Рассмотрим эти ситуации и порядок их экспертного анализа.

Искры и отработанные газы из выпускной системы транспортного средства

По данным [74], с нагретыми поверхностями системы выпускного тракта связано 21% пожаров автомобилей. Нагретые продукты сгорания, выходящие вместе с искрами нагара, представляют реальную пожарную опасность. В разделе 15.2 мы уже указывали, что по данным [6], температура отработанных газов по длине выпускного тракта автомобиля составляет 800-830°C. По данным НАМИ, температура отработанных газов на выходе из двигателя МАЗ при полной его нагрузке составляет 600°C, а за глушителем при переднем его расположении – 380-400°C [75].

Опасность горячих газов иллюстрируется примером, приведенным в главе 3. Японские исследователи показали, что струя отработанных газов легкового автомобиля способна зажечь лист фанеры, находящийся на расстоянии 18 см от выхлопной трубы [76].

Особо следует отметить *опасность «хлопков»* в выпускной системе автомобиля, обусловленных поздним зажиганием горючей смеси и сопровождающихся выбросом высоконагретых газов, искр, а иногда и пламени.

Как известно, на транспортных средствах, работающих в пожаро- и взрывоопасных зонах, для гашения искр в отработанных газах, связанных с нагарообразованием в двигателях, ГОСТ Р 50913-96 требует устанавливать на выпускных трубах искрогасители. То же, для тракторов и сельскохозяйственных машин, требует ГОСТ 12.2.019-86 [77].

Но нужно иметь в виду, что искрогаситель, даже если он присутствует, может быть прогоревшим, негерметичным. Кроме того, он может быть просто неэффективным. В [75] отмечается, что в настоящее время на предприятия нефтепродуктообеспечения часто прибывают автомобили со съемными самодельными искрогасителями на газовыпускных трубах, которые представляют собой, как правило, цилиндрический патрубок с перфорированным днищем и обечайкой. Диаметр отверстий у них составляет 6-10 мм. И какова эффективность подобных самоделок – неизвестно [75].

При отработке соответствующей версии выхлопную трубу, глушитель и искрогаситель транспортного средства надо подвергать, как минимум, визуальному осмотру. В серьезных, спорных случаях искрогаситель следует изымать и определять его эффективность по методике, изложенной в ГОСТ 12.2.002-91 [78]. Правда, нужно отметить, что методика достаточно трудоемка и предназначена в основном для испытаний искрогасителей тракторов и сельскохозяйственной техники.

Загорание при контакте с нагретыми поверхностями автомобиля

При контакте с горячим глушителем автомобиля, каталитическим дожигателем, другими компонентами выхлопного тракта автомобиля может возникнуть тление, и даже пламенное горение мелкодисперсных и волокнистых горючих материалов типа сухой травы, опилок,

тополиного пуха и т.д. Понятно, что контакт должен быть не мгновенным, когда автомобиль быстро проезжает по указанной среде, а более-менее длительным, чтобы прогреть горючий материал и инициировать его тление.

Подобные инциденты неоднократно отмечались в США, Канаде.

Р.С. Белкин в одной из своих книг [79] приводит пример серии пожаров, произошедших летом 1981 г в лесистой канадской провинции Онтарио. Там в разных местах стали вспыхивать лесные пожары. Сгорели тысячи гектаров леса, и возникло подозрение, что происходят серийные поджоги.

Были собраны сведения о погоде в дни возникновения пожаров, на карту нанесли места их возникновения. Оказалось, что погода в эти дни была отличной, а очаги пожара, как правило, располагались около автодорог, откуда открывался красивый вид на местность. В результате эксперты пришли к выводу, что пожары связаны с автотранспортом, на котором путешествовали туристы. Они останавливались, чтобы полюбоваться лесными пейзажами и видами озер, а трава под автомобилями, оставленными на обочине, начинала тлеть в результате контакта с выхлопной трубой и каталитическим конвертором. Отмечалось, что когда в опасных зонах лесных дорог были сделаны бетонированные площадки для стоянки (и, надо полагать, законопослушные канадские водители стали останавливаться только на них), пожары прекратились.

Особо опасен, как уже отмечалось, контакт с каталитическими дожигателями автомобилей.

Зажигание паро-газо-воздушных смесей нормально искрящим оборудованием автомобиля

В современных автомобилях (прежде всего, грузовых) имеется ряд устройств, искрящих в нормальных условиях работы. Это распределители зажигания, стартеры, не являющиеся взрывозащищенным оборудованием.

Отметим, что искрить может даже новое, неизношенное оборудование, изготовленное в полном соответствии с действующими ГОСТ и ТУ. Так, например, согласно ТУ 37.003.663-74 [80], стартеры СТ230И и СТ230К для отечественных грузовых автомобилей должны иметь степень искрения на коллекторах не выше 3 балла по шкале ГОСТ 183-74 [81]. Согласно же этому ГОСТу, распространяющемуся на электрические машины постоянного и переменного тока, степень искрения в 3 балла характеризуется значительным искрением по всем краям щетки с появлением крупных вылетающих искр. При такой степени искрения может наблюдаться значительное почернение поверхности коллектора, не устранимое при его протирании бензином, а также подгар и частичное разрушение щеток [75].

Не во взрывозащищенном исполнении выпускаются электрооборудование большинства отечественных автомобилей с карбюраторными и дизельными двигателями.

Даже для автоцистерн, используемых в качестве бензовозов, существующие нормативные документы не предъявляют требования к исполнению электрооборудования моторного отсека и кабины водителя; регламентируются лишь требования к электропроводке и электрооборудованию, устанавливаемому в «зоне цистерны и отсека с технологическим оборудованием». Электрооборудование это «...должно быть взрывозащищенным, а электропроводка должна быть уложена в металлическую оболочку, или должна быть предусмотрена мера по изоляции электрооборудования от контакта с технологическим оборудованием» [75].

Ряд нормативно-технических документов [82, 83] допускает налив нефтепродуктов в автоцистерны в условиях низких температур при работающем двигателе.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что присущие автомобилю или другому автотранспортному средству внутренние потенциальные источники зажигания, в принципе, могут инициировать загорание «внешней пожарной нагрузки» и подобную версию в соответствующих ситуациях нужно выдвигать и анализировать.

Отработка версии

При отработке данной версии в общем случае необходимо исследование по следующим пунктам:

1) Кроме автомобиля, должна иметься в наличии горючая среда, способная загореться от указанных выше источников зажигания;

При предполагаемом контактном нагреве «горячими поверхностями» автомобиля – это сухая трава, стружка, опилки, тополиный пух, другие легко загорающиеся и способные к тлению органические материалы с развитой поверхностью.

Во-вторых, это может быть горючая паро-газовоздушная смесь (ПГВС). И в этом случае должен быть выявлен источник ее появления.

2) В случае ПГВС должна быть определена возможность достижения облаком зоны нахождения автомобиля:

– качественно, по аналогии с известными случаями подобного рода, исходя из имеющихся справочных данных и т.д.;

– количественно или полуколичественно – путем соответствующих расчетов

3) Из материалов дела должно следовать (или, по крайней мере, не должно следовать обратного), что двигатель автомобиля работал, или его заводили.

4) Информативен характер начала процесса. При загорании ПГВС – это хлопок, вспышка. При загорании твердых материалов – обычное тление и относительно медленно развивающееся пламенное горение.

5) Нужно разобраться, с подветренной или надветренной стороны располагался автомобиль по отношению к месту выделения паров или газов.

6) При вспышке ПГВС зона термических поражений материальных объектов обычно простирается, как минимум, от источника зажигания до источника формирования ПГВС (зоны испарения горючей жидкости, поступления паров). Геометрическая форма зоны бывает достаточно характерной и на это надо обращать внимание.

В качестве иллюстрации вышесказанного приведем характерный пример из книги И.С. Таубкина [75]:

Инцидент произошел в сентябре 1996 года на территории АО «Лукойл–Волгограднефтепереработка». Один из резервуаров объемом 2000 м³ освобождался от бензина в целях проведения ревизии и ремонта. После откачки бензина до «мертвого остатка» с уровнем около 0,4 м был вскрыт нижний люк-лаз диаметром 500 мм, расположенный на высоте 0,5 м от днища, открыт сифонный кран и начата откачка остатков бензина паровым насосом в другой резервуар. Через 15 мин и после этого в пределы резервуарного парка въехала автоцистерна на базе автомобиля ГАЗ-53 с искрогасителем на выхлопной трубе, которая остановилась с подветренной стороны резервуара, освобождаемого от бензина, на расстоянии 5,5 м от его открытого люка. Двигатель автомобиля заглух и водитель, подняв капот, начал искать причину отказа. Затем он сел в кабину и попытался снова завести двигатель стартером. Произошла вспышка, пламя мгновенно распространилось от автомобиля в резервуар через его открытый люк, последовал взрыв паров бензина в резервуаре с выбросом пламени из люка.

Ожоги в результате вспышки получили водитель и два рабочих. Характерно, что другие рабочие, находившиеся с наветренной стороны резервуара, ожогов от пламени не получили.

Трава выгорела в зоне длиной 15 м только с подветренной стороны резервуара, т.е. там, где находилась автоцистерна.

Измерение концентрации паров бензина на расстоянии 3 м от люка резервуара через 9 часов после взрыва и пожара показали, что она составляет 1г/см³.

В приведенном примере источником зажигания послужила, вероятнее всего, искра в стартере или распределителе зажигания автомобиля, источником образования горючей среды – резервуар с открытым люком. Обратим внимание, что термические поражения материальных объектов возникли

именно там, где сформировалось облако взрывоопасной концентрации паров бензина – с подветренной стороны от резервуара, включая зону нахождения источника зажигания.

15.13. Загорание автомобиля от внешнего теплового воздействия

Загорание автомобиля от автомобиля

Если на автостоянке, в многоместном гараже или в какой-либо другой ситуации сгорели два и более автомобилей, эксперту возможно, придется решать вопрос, имело ли место загорание одного автомобиля от другого, в результате воздействия тепловой радиации.

Экспериментально установлено [6], что при пожаре, например, в салоне легкового автомобиля высота пламени и столба дыма достигает 6-8 м; плотность теплового потока на расстоянии 4-5 м и высоте 1,5 м составляет 3-5 кВт/м². При ветре загорание других автомобилей возможно на расстоянии до 4-х м.

При больших расстояниях загорание автомобиля от автомобиля можно, видимо, считать маловероятным. И эксперт в этом случае должен рассмотреть версию, не являются ли два сгоревших автомобиля самостоятельными очагами пожара, т.е. по сути дела, версию поджога.

Загорание автомобиля от другого горящего объекта

Если сгорел, например, деревянный дом и стоящий недалеко от него автомобиль, то закономерна постановка вопроса - автомобиль загорелся от лучистого теплового воздействия горящего дома или это самостоятельный очаг пожара?

Решать эту задачу можно двумя путями:

- теплофизическим расчетом мощности теплового потока на известном расстоянии от горящего дома и сравнением его с критическим тепловым потоком, необходимым для загорания автомобиля;
- изучением термических поражений автомобиля;

Установлено, что при воздействии на автомобиль внешнего лучистого теплового потока от какого-то горящего объекта отдельные детали автомобиля загораются в определенной последовательности.

Как отмечается в [6], эта последовательность такова:

- внешний слой краски;
- резиновые уплотнения стекол;
- шины;
- внутренний слой краски;
- материалы салона;
- моторный и багажный отсеки.

В этой же последовательности загорается автомобиль от автомобиля.

Если при осмотре автомобиля установлено, что эта последовательность нарушена, то, значит, автомобиль загорелся не от внешнего теплового воздействия. Действительно, например, выгоревший салон при целых стеклах и отсутствии следов термического поражения лакокрасочного корпуса автомобиля явно не вписывается в версию о внешнем тепловом воздействии.

15.14. Пожары при ремонте автомобилей

При ремонте автомобилей пожары возникают вследствие недостаточной или неправильной подготовки автотранспортного средства к ремонту, либо вследствие нарушения технологии проводимых работ.

Выше, в разделе 15.8, уже рассматривались случаи, связанные с возникновением пожара при проведении сварочных работ. Поэтому ниже остановимся на других пожароопасных ситуациях.

Опрокидывание автомобиля набок для ремонта днища при снятом аккумуляторе приводило к короткому замыканию на массу плюсового провода и пожару. Пожары и мелкие загорания могут иметь место и при иных вариантах «случайных» КЗ, возникающих при ремонте.

Опасны «гуляющие» неисправности в электросети, когда при тряске автомобиля на дороге периодически происходят КЗ и перегорают предохранители какой-либо из электрических цепей. Такие неисправности трудно выявить при ремонте, когда автомобиль находится в «покое». И уставший от борьбы с неисправностью владелец или мастер автосервиса могут при очередном ремонте просто поставить некалиброванный или значительно больший по номиналу предохранитель. При очередном КЗ такая защита не сработает, провода соответствующей цепи или иные ее электрические компоненты перегреются от сверхтока КЗ и могут загореться.

Часто при ремонте не учитываются особенности конструкции инжекторных двигателей, что иногда приводит к плачевным результатам. Так, например, для предотвращения пожара перед обслуживанием топливной аппаратуры необходимо сбросить давление в системе подачи топлива. При отсоединении топливопроводов следует не допускать пролива топлива, для этого концы трубок нужно обматывать ветошью, которую после завершения работы необходимо выбросить в предназначенный для этого контейнер.

Некоторые пожары возникают из-за незнания ремонтными рабочими конструктивных особенностей автомобиля. Так пожар автомобиля, в подвеске которого имеются резинометаллические прокладки, может возникнуть, если кабель сварочного трансформатора соединить с металлическими элементами корпуса автомобиля через заземляющий медный изолированный провод. При этом сварочный ток превысит допустимый, изоляция заземляющего проводника перегреется и загорится [4].

Имелись случаи загорания автотранспортных средств при ремонте топливной системы сразу же после остановки в дороге или ином месте. Вытекающий бензин или иные горючие жидкости загорались при попадании на разогретые части двигателя и выпускного тракта (см. выше раздел 15.6).

15.15. Автомобили на газовом топливе

- Топливо для газобаллонных автомобилей
- Особенности конструкции газобаллонных автомобилей
- Газобаллонная установка для сжатого природного газа
- Газодизельные установки
- Основные причины загораний и взрывов
- Характер разрушений и термических поражений
- Экспертное исследование материалов по пожару и самого автомобиля

В настоящее время парк газобаллонных автомобилей в России составляет около 400 тысяч штук, и их количество постоянно возрастает [84]. От обычных автомобилей на жидком топливе они отличаются по ряду конструктивных элементов, а пожарная опасность их выше. Указанные обстоятельства заставляют остановиться на вопросе экспертного исследования автомобилей на газовом топливе отдельно.

Топливо для газобаллонных автомобилей

В качестве топлива для газобаллонных автомобилей используют:

- сжиженный нефтяной газ (СНГ);
- сжатый природный газ (СПГ).

Сжиженные нефтяные газы представляют собой легкие углеводороды, которые при сравнительно невысоком избыточном давлении (1-2 МПа) и нормальной температуре находятся в жидком состоянии. Основными компонентами СНГ являются пропан, бутан и пропилен. Их физико-химические свойства приведены в главе 3 книги 1.

В России выпускается СНГ двух составов – смесь пропана и бутана техническая зимняя (СПБТЗ) и смесь пропана и бутана техническая летняя (СПБТЛ).

В состав СПБТЛ входит не более 60% бутана, доля пропана не нормируется.

В состав СПБТЗ входит не менее 75% пропана, доля бутана не нормируется.

Суммарное количество компонентов прочих компонентов (метан, этан, этилен, пентаны и другие газы) не должно превышать 6%.

Сжатый природный газ для автомобильных двигателей, основным компонентом является метан, является полноценным моторным топливом и по ряду параметров превосходит современные жидкие моторные топлива. В соответствии с [85] СПГ может быть двух марок А и Б. Они различаются только плотностью и теплотендеранием из-за разного объемного состава метана и азота.

Особенности конструкции газобаллонных автомобилей

По времени начала использования и принципу работы, применяемые в настоящее время газовые системы газобаллонных автомобилей (ГБО) можно разделить на четыре поколения.

Первое поколение ГБО. Системы с вакуумным управлением и механическим дозатором газа, которые устанавливаются на бензиновые карбюраторные и простые инжекторные автомобили. В первом поколении ГБО используются как вакуумные, так и электронные газовые редукторы.

Второе поколение ГБО. Механические системы, дополненные электронным дозирующим устройством, работающим по принципу обратной связи с датчиком содержания кислорода (лямбда-зонд). Они устанавливаются на автомобили, оснащенные инжекторным двигателем и каталитическим нейтрализатором отработавших газов («катализатором»).

Третье поколение ГБО. Системы, обеспечивающие распределенный синхронный впрыск газа с дозатором-распределителем, который управляется электронным блоком. Газ подается во впускной коллектор с помощью механических форсунок, которые открываются за счет избыточного давления в магистрали подачи газа.

Четвертое поколение ГБО. Это системы распределенного последовательного впрыска газа с электромагнитными форсунками, которые управляются более совершенным электронным блоком. Как и в системе предыдущего поколения, газовое оборудование 4 поколения использует газовые форсунки, которые устанавливаются на коллекторе непосредственно у впускного клапана каждого цилиндра.

Более удобны также применяемые на практике наименования газобаллонных систем по аналогии с бензиновой топливной системой:

– «Газовый карбюратор» – соответствует первому поколению ГБО

– «Лямбда-контроль система (ЛКС)» – соответствует второму поколению ГБО.

– «Газовый инжектор», он же «газовый впрыск» – соответствует четвертому поколению ГБО.

В Европе давно используется так называемое пятое поколение ГБО, в котором газ в двигатель поступает непосредственно в цилиндры в сжиженном состоянии, где моментально испаряется. В России такие системы пока устанавливаются редко. Это вызвано в первую очередь низким качеством газа и дороговизной данных систем.

В зависимости от способа питания двигателей газобаллонные автомобили подразделяются на **универсальные, газобензиновые и газовые**.

На **универсальных** устанавливаются двигатели, содержащие две автономные равноценные системы питания – газовую и бензиновую. Данные системы установлены практически на всех модификациях современных газобаллонных транспортных средств.

Как уже отмечалось выше, в качестве топлива для газобаллонных двигателей применяют сжатый природный газ (СПГ) и сжиженный нефтяной газ (СНГ). Легковые автомобили практически все работают на сжиженном газе, так как для данного топлива требуется меньшее количество баллонов.

На современных большегрузных (грузовых) автомобилях, чаще всего, используют сжатый природный газ.

На легковых автомобилях устанавливают один баллон с СНГ в багажном отсеке, при этом рабочее давление в газовой системе составляет 1,6 МПа. На грузовых автомобилях, обычно, устанавливают 6-12 баллонов с СПГ, емкость одного баллона 50 л, а рабочее давление в системе составляет 20 МПа [39, 86].

На рис. 15.19 приведена схема газобаллонного оборудования третьего поколения для карбюраторного автомобиля, работающая на сжиженном нефтяном газе.

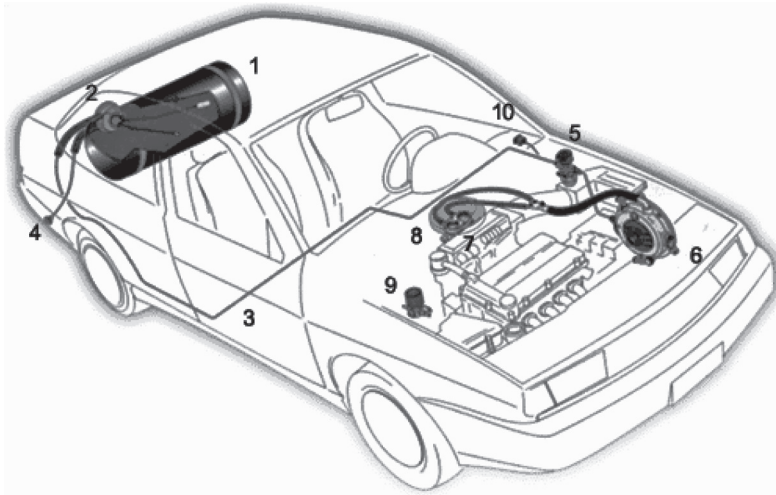


Рис. 15.19. Газобаллонная установка на сжиженном нефтяном газе [94]

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 – баллон | 6 – редуктор-испаритель |
| 2 – мультиклапан | 7 – дозатор |
| 3 – газовая магистраль высокого давления | 8 – смеситель воздуха и газа |
| 4 – выносное заправочное устройство | 9 – бензиновый клапан |
| 5 – газовый клапан | 10 – переключатель видов топлива |

Сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан) под давлением поступает из баллона (1) в газовую магистраль высокого давления (3). Выпуск газа из баллона происходит посредством мультиклапана (2), через который также осуществляется заправка с помощью выносного заправочного устройства (4). По магистрали газ в жидкой фазе попадает в газовый клапан-фильтр (5), который очищает газ от взвесей и смолистых отложений и перекрывает подачу газа при выключении зажигания или при переходе на бензин. Далее очищенный газ по трубопроводу поступает в редуктор-испаритель (6), где давление газа понижается с шестнадцати атмосфер до одной. Интенсивно испаряясь, газ охлаждает редуктор, поэтому последний присоединяется к системе водяного охлаждения двигателя. Циркуляция тосола позволяет избежать обмерзания редуктора и его мембран. Под действием разрежения, создаваемого во впускном коллекторе работающего двигателя, газ из редуктора по шлангу низкого давления через дозатор (7) поступает в смеситель (8), установленный между воздушным фильтром и дроссельными заслонками карбюратора. Иногда вместо установки смесителя производится непосредственная врезка газовых штуцеров в карбюратор.

Управление режимами работы (на газе или на бензине) осуществляется с помощью переключателя видов топлива (10), установленного на панели приборов. При выборе позиции «ГАЗ» переключатель открывает электромагнитный газовый клапан (5) и отключает электромагнитный бензиновый клапан (9). И, наоборот, при переходе с газа на бензин, переключатель закрывает газовый клапан и открывает бензиновый. С помощью светодиодов переключатель позволяет контролировать, какое топливо используется в данный момент.

Переключатель может быть оснащен указателем уровня топлива в баллоне (для этого мультиклапан должен быть оснащен сенсором уровня топлива).

Установка ГБО третьего поколения на **инжекторных** автомобилях отличается тем, что вместо бензонасоса для отсечения подачи бензина используется эмулятор форсунок. Когда подается газ, этот эмулятор имитирует работу бензиновых форсунок, чтобы штатный компьютер не перешел в аварийный режим. По этой же причине нужно устанавливать эмулятор лямбда-зонда.

Системы газобаллонного оборудования четвертого поколения отличаются тем, что газ подается непосредственно во впускной коллектор через специальные газовые форсунки. Они управляются собственным электронным блоком управления, который синхронизирует свою работу со штатным контроллером и одновременно выполняет функции эмулятора.

Газобаллонная установка для сжатого природного газа

Такие системы (рис. 15.20) устанавливаются на грузовых автомобилях [39, 85, 86].

Данная установка отличается от рассмотренной выше тем, что природный газ (метан) изменяет рабочее давление в баллонах по мере расходования от 20 МПа до давления, близкого к атмосферному.

Газ из секций баллонов 13 и 14 под давлением 20 МПа через расходный вентиль 8 и подогреватель газа 15 поступает в редуктор 17 высокого давления, где давление снижается до 1,2 МПа. Затем через фильтр 21 поступает в редуктор 24 низкого давления, а оттуда – в газосмесительное устройство 3 и дальше в цилиндры двигателя 25.

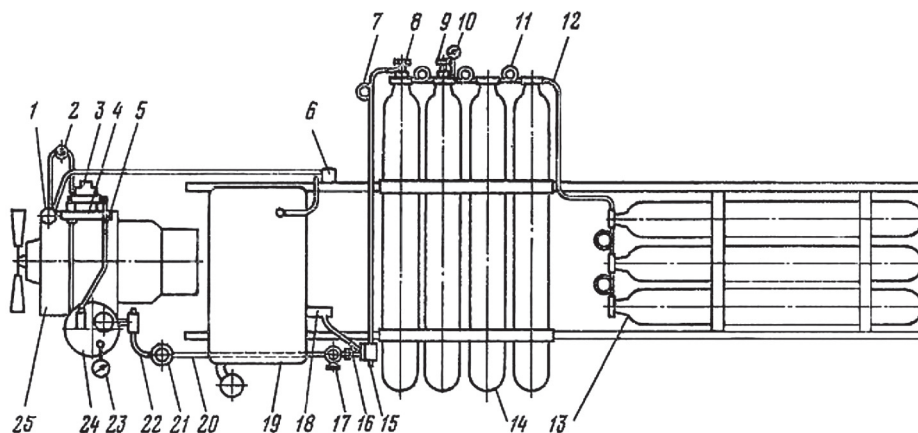


Рис. 15.20. Газобаллонная установка для сжатого природного газа

1 – топливный насос; 2 – электромагнитный клапан; 3 – газосмесительное устройство; 4 – впускной трубопровод; 5 – шланг подачи газа; 6 – топливный отстойник; 7, 11, 12, 20, 22 – соединительная трубка; 8 – расходный вентиль; 9 – наполнительный вентиль; 10, 23 – манометр; 13 – задняя секция баллонов; 14 – передняя секция баллонов; 15 – подогреватель газа; 16 – труба подогревателя; 17 – редуктор высокого давления; 18 – приемная труба глушителя; 19 – топливный бак; 21 – фильтр газа; 24 – редуктор низкого давления; 25 – двигатель

Газодизельные установки

Переоборудовать на газовое топливо (не важно, метан или пропан) можно не только бензиновый, но и дизельный двигатель, как грузовой, так и легковой автомашины. Но для этого серьезно переделывают штатную систему питания дизеля.

Прежде всего, нужно отметить, что на одном газе дизельный двигатель работать не может. Газ не может загораться от сжатия в таких же условиях, как дизельное топливо, поскольку температура его самовоспламенения намного выше (около 700°C против 320-380 °C у дизтоплива). Так что если попробовать заставить обычный дизельный двигатель работать на метане, температуры

сжатого воздуха в цилиндрах просто не хватит для его самовоспламенения. Тем не менее, существуют два способа приспособить дизельный двигатель к работе на газе.

Газовый двигатель

Первый способ, более простой и радикальный, требует существенной переделки мотора (что в Европе практикуется достаточно давно). Для этого на дизельном двигателе демонтируют топливную аппаратуру, вместо нее устанавливают систему зажигания, а форсунки заменяют свечами зажигания. Машина комплектуется соответствующим газобаллонным оборудованием, и газ подается при помощи дозатора во впускной коллектор. Определенные изменения вносятся и в блок цилиндров. В результате подобных переделок получается уже не дизель, а так называемый «газовый» двигатель. После подобной переделки бывший дизель станет намного экологичнее и экономичнее, а ресурс его возрастет.

Газодизель

Существует и более простой вариант, который уже давно используется, хотя и распространен не очень широко. Речь идет о приспособлении обычного дизеля для работы на смеси дизельного топлива и метана (так называемый газодизельный двигатель). В этом случае для работы дизеля на газе необходима подача в цилиндры некоторого количества дизтоплива – так называемой запальной порции. Подаваемая в конце такта сжатия, она будет воспламеняться и поджигать газозоудную смесь, поступающую в цилиндры на такте впуска.

Запальная порция для газифицированных быстроходных дизелей (такowymi считаются все автомобильные) составляет 15-30% от обычной порции дизтоплива. (в зависимости от ГБО, типа двигателя и его состояния). Преимущество такого мотора заключается в том, что, когда газ заканчивается, он может работать в своем обычном режиме – на дизтопливе. При работе в таком режиме, когда 70-85% топлива составляет природный газ, у дизеля полностью исчезает свойственный ему черный дым. Правда, в выхлопе несколько увеличивается содержание углеводородов, но это уже не канцерогенные полиаренные углеводороды (3,4-бензопирен и др.), а лишь незначительное количество не сгоревшего метана.

При переделке мотора под газодизельный вариант производится не только установка газобаллонного оборудования, но и определенная доводка имеющейся топливной аппаратуры.

Схема газодизельной системы, работающей как на смеси дизельного топлива и природного газа, так и на дизельном топливе, показана на рис. 15.21.

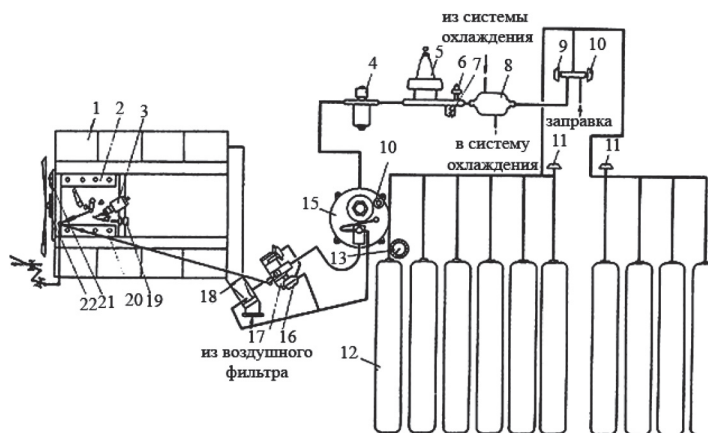


Рис. 15.21. Газодизельная система автомобиля [87]

1 – двигатель; 2 – ТНВД; 3 – ограничитель запальной дозы топлива; 4, 16 – электромагнитный клапан; 5 – редуктор высокого давления; 6 – сигнализатор аварийной выработки газа; 7 – предохранительный клапан; 8 – подогреватель газа; 9 – расходный вентиль; 10 – наполнительный вентиль; 11 – вентили; 12 – баллон; 13 – манометр; 14 – датчик давления газа; 15 – редуктор низкого давления; 17 – дозатор газа; 18 – смеситель; 19 – датчик блокировки; 20 – подвижный упор; 21 – датчик частоты вращения; 22 – зубчатый венец

При включении электромагнитного клапана 4 газ поступает на вход двухступенчатого редуктора низкого давления 15, в котором давление на выходе дополнительно понижается до атмосферного. В дальнейшем газ из двухступенчатого редуктора 15 поступает в дозатор газа 17. Дозатор обеспечивает подачу необходимого количества газа в диффузор смесителя 18, размещенный во впускном тракте дизеля после воздушного фильтра. Газо-воздушная смесь из смесителя 18 поступает во впускной трубопровод и далее в цилиндры двигателя и сжимается поршнем. В конце такта сжатия в нее через серийную форсунку впрыскивается небольшое количество дизельного топлива. Запальную дозу топлива подают в цилиндр с таким расчетом, чтобы она воспламенилась раньше, чем газ, и подожгла всю массу газозвушной смеси.

Грузовики с газодизельными двигателями когда-то производились в СССР серийно. Так, с 1987 г. Камский автозавод выпускал модели «53208», «53217», «53218» и «53219» с атмосферными двигателями КамАЗ-7409.10.

Легковые автомобили с дизельным двигателем переводят на газовое питание очень редко по причине экономической нецелесообразности – при годовом пробеге 15 тыс. км. срок окупаемости дополнительного оборудования растягивается на 6-7 лет.

Основные причины загораний и взрывов

Газ в баллоне автомобиля хранится под давлением. Очевидно, что в результате утечки может произойти вспышка, взрыв, возникнуть пожар. Надежность газобаллонной аппаратуры ниже по сравнению с бензиновой, а, тем более, дизельной системой питания.

При разрыве емкости под давлением (газового баллона) может произойти утечка большого количества газа и взрыв.

Основное количество пожаров в легковых, грузовых автомобилях и автобусах с газобаллонным оборудованием (60-70%) возникает **в отсеке двигателя**. Это связано с тем, что практически 90% соединений топливопроводов газового оборудования – резьбовые соединения и резиновые трубки, закрепленные хомутами. а также газовый редуктор, электромагнитный газовый и бензиновый клапаны, проставка карбюратора, тройник-дозатор и др. находятся в моторном отсеке. А утечки газа наблюдаются, как правило, именно в местах соединений топливопроводов. Кроме того, именно в моторном отсеке сосредоточены основные потенциальные источники зажигания (см. ниже).

Основное количество пожаров (более 50- 60%) происходит во время движения или при запуске двигателя, т.е. на работающем двигателе.

Подавляющее число пожаров в газобаллонных автомобилях (более 60%) происходит, по данным [84], по причине **негерметичности топливной системы**. Безусловно, это слабое место газобаллонных систем.

При запуске двигателей на газе загорания чаще всего происходят перед клапаном 2 или на запорно-предохранительном блоке баллона 14 (рис. 15.20). Возможно также возникновение горения из-за нарушения регулировки двигателя и неправильных действий водителя, в результате чего происходит переполнение смесительной камеры карбюратора и поступление газа в отсек двигателя [84].

Гораздо реже, но все же возникает горение и по следующим причинам [84]:

- запуск двигателя при отрицательной температуре;
- неисправность при переключении с газа на бензин;
- неисправность газового редуктора;
- неисправность газового клапана;
- неисправность бензинового клапана;
- нарушение герметичности топливной системы вследствие механического повреждения;
- утечка газа при заправке газобаллонного автомобиля.
- ДТП.

Автомобилям на газовом топливе свойственны так называемые **«хлопки»** – нештатное воспламенение локальных концентраций газозвушной смеси. Иногда это приводит к возникновению пожара.

Основная причина «хлопков» следующая. Конструкция двигателей автомобиля предусматривает такое явление, как перекрытие фаз впуска и выпуска, то есть в течение некоторого времени открытыми остаются одновременно впускной и выпускной клапаны. Это служит для улучшения качества газообмена в цилиндрах. Однако в это время газ из впускного коллектора может попасть в цилиндр, где имеется более, чем достаточно источников зажигания – нагретые поверхности камеры сгорания, «холодная искра». В результате происходит воспламенение ПГВС и так называемый «хлопок».

Возникновению хлопка и переходу его в загорание автомобиля могут способствовать ряд факторов или их сочетание, в том числе факторы, рассмотренные ниже.

Установка несоответствующего газового оборудования.

На инжекторные легковые автомобили иногда устанавливается газобаллонное оборудование первого поколения, предназначенное для карбюраторных автомобилей. Это происходит, прежде всего, из-за относительно низкой стоимости данного комплекта оборудования. При работе такого оборудования, впрочем, как и у двигателей карбюраторной системы питания, во впускном коллекторе даже при исправном состоянии могут происходить указанные выше хлопки.

На некоторых марках автомобилей с инжекторной системой питания впускной коллектор изготавливается из пластмассы. Поэтому в случае возникновения такого хлопка может произойти его разрушение, что, в свою очередь, приводит к выбросу ПГВС в моторный отсек с последующим воспламенением. Описанный механизм возникновения горения привел, в частности, к описанному ниже пожару на автомобиле Volvo 960.

На данный (инжекторный) автомобиль была установлена газовая система питания, предназначенная для работы с карбюраторным двигателем. Отметим, что такое переоборудование допускается российскими нормами. При попытке завести автомобиль (до этого он длительное время эксплуатировался на газе, после чего находился в нерабочем состоянии около 10 минут), раздался «хлопок» и возникло горение в моторном отсеке.

При этом водитель обратил внимание, что когда он пытался завести автомобиль, автомат перевода двигателя с бензина на газ сработал нештатно (двигатель должен заводиться на бензине, при достижении двигателем 2500 об/мин, двигатель переводится на газ). То есть двигатель заводился «на газу», что недопустимо. В результате произошел «хлопок» во впускном коллекторе – на данном автомобиле он пластмассовый и крепится к головке блока цилиндров с помощью специальных защелок. Далее произошло разрушение коллектора, что привело к выбросу ПГВС в моторный отсек с последующим воспламенением [88].

Несоответствующие инструкциям действия водителей

Инструкции по пользованию двигателями на газовом топливе обычно достаточно жестко регламентируют действия водителей. Нельзя, в частности, заводить двигатели комбинированного питания «на газе». Приведенный выше пример является иллюстрацией того, как неправильные действия водителя усугубили ситуацию, возникшую по причине установки ненадлежащего газового оборудования.

Приведем еще один пример.

Водитель автобуса ПАЗ 342054, в своем объяснении по факту произошедшего пожара указывает, что во время движения двигатель заглох, он переключил переключатель (на современных системах это выполняется автоматически) с газа на бензин и завел двигатель, далее продолжил движение на газу. Через некоторое время двигатель снова заглох, и водитель стал его заводить «на газу», тем самым нарушив инструкцию по эксплуатации газобаллонных автомобилей. В результате раздался «хлопок» и возникло горение в моторном отсеке.

Технические неисправности, приводящие к поступлению газа в неработающий двигатель

Частой причиной загорания газа является поступление газа в неработающий двигатель. Причиной этого может быть, в частности, негерметичность клапана холодного хода или 2-ой

ступени в редукторе, а также негерметичность всей газовой системы [86]. Возможно загрязнение вентиля на баллоне, что делает невозможным его перекрытие.

Загорания в зимнее время

Автомобили, имеющие газобаллонное оборудование, более пожароопасны в холодное время суток, зимой. Это подтверждается статистическими данными [84] – из проанализированных 212 пожаров 2000–2004 гг, более 30% приходится на зиму. Вероятно, дело в том, что резиновые детали, используемые для уплотнения, при низкой температуре теряют эластичность и перестают обеспечивать герметичность системы. Происходит утечка газа, в объеме моторного отсека, а иногда и вне его, образуется взрывоопасная ГВС [39]. Помимо этого, при отрицательной температуре чаще возникает необходимость переключения с одного вида топлива на другой.

В инструкции по эксплуатации газобаллонных автомобилей обычно указано, что переключать двигатель в режим «Газ» в холодное время года (при температуре воздуха от -5°C и ниже) можно только после прогрева двигателя на бензине до $40-50^{\circ}\text{C}$, а перед продолжительной парковкой автомобиля за 150-200 м до остановки следует переключать двигатель на бензин.

При нарушении регулировки двигателя и неправильных действиях водителя это может приводить к переполнению смесительной камеры карбюратора и поступлению газа в отсек двигателя [6].

Загорания при остановке (стоянке)

Особенно велика вероятность создания взрывоопасной концентрации при остановке (стоянке) автомобиля, когда воздухообмен в моторном отсеке минимален. Поэтому в инструкциях по эксплуатации автомобильных газобаллонных систем обычно указывают, что при стоянке в закрытом помещении кран на газовом баллоне следует закрывать (это обстоятельство следует проверить при осмотре автомобиля после пожара).

Взрывы газовых баллонов

Необходимо помнить и о потенциальной опасности, которую представляет сам **газовый баллон**, особенно переполненный. Сжиженный нефтяной газ, как известно, хранят и транспортируют в жидком состоянии, а используют в газообразном. В жидком состоянии СПГ обладают большим коэффициентом объемного расширения. Из-за этого при заполнении баллона необходимо оставлять определенное свободное пространство. В случае полного заполнения, т.е. при отсутствии паровой подушки, даже незначительное повышение температуры газа приводит к резкому увеличению давления в газовом баллоне. Увеличение давления в этом случае составляет 0,7 МПа на каждый градус повышения температуры газа [2]. Подробнее о взрывах газовых баллонов – см. главу 12.

Источником загорания при утечке газа в автомобиле может быть любое искрящее электрооборудование – распределитель загорания (тромблер), стартер, генератор и т.д., а также пламя спички, зажигалки и т.п.

Ниже, в таблице 15.11 приведены краткие описания нескольких пожаров на автомобилях с газобаллонным оборудованием.

Таблица 15.11

№	Объект пожара, обстоятельства	Последствия, признаки очага и причины	Источник информации
1	2	3	4
1	ГАЗ-3110 «Волга». Ноябрь 2000 г. Взрыв произошел при прогреве двигателя в помещении гаража. Кран на баллоне при постановке автомобиля в закрытое помещение перекрыт не был	Наибольшие повреждения в моторном отсеке, в месте расположения редуктора – испарителя (РИ). При осмотре РИ обнаружено слабое соединение расходной трубки с корпусом редуктора, где, возможно, и была утечка газа.	[39]

Продолжение таблицы 15.11

№	Объект пожара, обстоятельства	Последствия, признаки очага и причины	Источник информации
1	2	3	4
2	Автобус ПА3-3205. Январь 2001. Загорание во время движения. Водитель заметил перебои в работе двигателя. В салоне почувствовался запах газа, из под капота вырвалось открытое пламя	Наибольшие термические повреждения в передней части автобуса. Очаг пожара усматривался в правой части моторного отсека, в месте расположения редуктора-испарителя газобаллонной аппаратуры. При осмотре РИ обнаружено слабое соединение расходной трубки с корпусом редуктора.	[39]
3	ГАЗ 33021. Хлопок в моторном отсеке при запуске двигателя во время постановки автомобиля в гараж. Дым из-под капота. Водитель перекрыл кран газового баллона, отключил «массу» на аккумуляторе	При открывании капота обнаружено горение резиновых шлангов, корпуса аккумулятора и изоляции проводов. При осмотре места пожара установлено, что наибольшие термические поражения – в месте расположения РИ, отмечается выгорание шланга для подвода газа от РИ к карбюратору, частичное выгорание шлангов подводки тосола к РИ. Установлено, что на соединении рукавов с патрубками для подвода газа от РИ к карбюратору нет хомутов, обеспечивающих герметичность соединения; нет хомутов и на рукавах с патрубками вакуумной системы.	[86]
4	Микроавтобус ГАЗ 3285 (маршрутное такси). При попытке запуска двигателя (на проезжей части, после остановки), после переключения тумблера с газа на бензин, водитель услышал хлопок и увидел пламя из-под капота. Применение огнетушителя не помогло, горение распространилось в кабину водителя и автомобильный салон	Выгорел моторный отсек и пассажирский салон. При осмотре места пожара в моторном отсеке отмечены следующие локальные термические поражения, которые расценены как очаговые признаки: – На капоте по центру с наружной и внутренней стороны наблюдалась локальная зона выгорания лакокрасочного покрытия (ЛКП); – имелись зоны выгорания ЛКП на перегородке между моторным отсеком и водителем; – оплавление верхней части АКБ со стороны воздухоочистителя; – обугливание трубки вакуумной системы тормозов со стороны воздухоочистителя; – выгорание ЛКП на внутренних стенках корпуса воздухоочистителя; обгорание и выгорание уплотнительного кольца воздушного фильтра, а также выгорание бумажной начинки воздушного фильтра. Исследователями сделан вывод о нахождении очага пожара внутри воздухоочистителя. Предполагается, что там произошло возгорание газозвушной смеси.	[86]
5	ГАЗ-322132 «Газель» Пожар произошел во время ремонта газового оборудования автомобиля. Автомобиль находился в помещении склада, двигатель не работал	Поврежден огнем моторный отсек и салон. Наибольшие термические поражения – в передней правой части моторного отсека – здесь выгорели резина шлангов и ремней, изоляция проводов, пластмасса корпуса АКБ; оплавилась алюминиевые детали газового редуктора, карбюратора. После пожара установлено, что расположенный в правой передней части моторного отсека электромагнитный газовый клапан имеет нарушения герметичности (часть резинового уплотнительного кольца выдавлена наружу). Это привело к утечке газа и образованию взрывчатой ГВС. Источник зажигания в данном случае, по мнению [89], – открытое пламя или нагретая поверхность металлической печи, работавшей на отработанном масле и находившейся на расстоянии 1 метра от правого крыла автомобиля.	[89]

Продолжение таблицы 15.11

№	Объект пожара, обстоятельства	Последствия, признаки очага и причины	Источник информации
1	2	3	4
6	ВАЗ 21074. Август 2003. Автомобиль находился в гаражном боксе. При запуске двигателя произошел взрыв	При осмотре машины установлено, что в ней обгорела верхняя часть спинки заднего сидения, внутренняя обшивка крыши, пластмассовые трубопроводы и изоляция проводов; имеется локальное прогорание полимерной обшивки багажного отсека под газовым баллоном. В то же время в моторном отсеке и в районе замка зажигания следов термических поражений не обнаружено. При взрыве разрушено заднее стекло. Хозяин автомобиля получил ожоги открытых участков тела. Однако наибольшие разрушения наблюдаются в соседнем боксе, где имеются признаки объемного взрыва – трещины и выгиб ж/б перегородок, панель с воротами выпала наружу, панели перекрытия обрушены вниз. Трещины наблюдаются в бетонной стенке смотровой ямы. Специалист приходит к выводу о существовании 2 центров взрыва – в автомобиле и смотровой яме расположенного рядом бокса, где, в результате утечки из автомобиля, скопилась пропан-бутановая смесь. Источником зажигания явилось, по мнению [90], тепловое воздействие электрической искры на ГВС в районе багажного отсека автомобиля.	[90]

Характер разрушений и термических поражений

В работе [86], посвященной анализу почти трех десятков пожаров на газифицированных автомобилях (большинство их произошло на автомобилях ГАЗ 33021 «Газель»), отмечается, что в 90% случаев возгорание происходило в подкапотном пространстве (моторном отсеке) автомобиля после характерного хлопка. Моторный отсек указывается как основная очаговая зона и в [84], по результатам анализа 212 пожаров.

При утечке газа в автомобиле понятие очага пожара (взрыва) довольно относительно. Воспламенение газоздушного облака, сформировавшегося при утечке, происходит в месте нахождения источника зажигания, а оно может быть достаточно удалено от места утечки. Затем происходит дефлаграционное сгорание газовой смеси (пробежка пламени по газовой фазе), после которого горение наиболее интенсивно происходит в местах скопления легкогорючих материалов, успевших воспламениться при пробежке, затем в зонах наибольшей пожарной нагрузки, месте утечки газа из разгерметизированной системы или его скопления. Поэтому зона наибольших термических поражений (разрушений), которую обычно рассматривают как очаг пожара, на самом деле является как правило, очагом горения. Это обстоятельство нужно иметь в виду во избежание конфузов, когда в якобы установленной зоне очага пожара отсутствует главный компонент – источник зажигания.

В этом плане показателен пример 6 из таблицы 15.11. Вряд ли в момент запуска двигателя электрическая искра, которая зажгла ГВС, появилась в районе багажника. Скорее, это была искра в штатном искрящем оборудовании, расположенном в передней части автомобиля (распределителе зажигания, стартере, генераторе). И именно там инициировалось горение. А наибольшие разрушения и термические поражения возникли по понятным причинам в зоне выхода газа из баллона (багажник) или его скопления, учитывая, что пропан-бутан тяжелее воздуха (яма соседнего гаража).

Экспертное исследование материалов по пожару и самого автомобиля

Очевидно, что существенным моментом при выяснении причины пожара в газобаллонном автомобиле является анализ известных обстоятельств пожара.

Автомобиль с газобаллонным оборудованием может загореться не только по перечисленным выше причинам, но и по всем причинам, свойственным обычному автомобилю. Поэтому важным является ознакомление с показаниями водителя и свидетелей в части описания начальной стадии пожара – был ли хлопок, свойственный загоранию ПГВС или, наоборот, сначала чувствовался запах горелого?

Ощущал ли водитель перед пожаром запах газа больше, чем обычно?

Утечка газа – утечкой, но необходимо задаться вопросом об источнике зажигания. Если автомобиль загорелся во время стоянки, то вряд ли причиной этого явилась утечка газа, т.к. в данном случае отсутствуют искрящие во время работы потенциальные источники зажигания (тромблер, стартер, генератор). И следует самым внимательным образом отработать «электротехническую» версию, а также версию поджога.

Если известные обстоятельства все же приводят к версии о вспышке газа, то при осмотре автомобиля после пожара можно попытаться установить место утечки, хотя успех этого мероприятия в значительной степени зависит от того, насколько сильно выгорел автомобиль в результате пожара.

Необходимо выяснить, произошло загорание при работающем двигателе или нет. При работающем двигателе наиболее вероятным местом утечки газа является участок от электромагнитного газового клапана до карбюратора, т.к. при неработающем двигателе и выключенном зажигании электромагнитный газовый клапан закрыт и если он исправен, утечка газа может возникнуть только в месте соединения перед ним или на запорно-предохранительном блоке, расположенном на газовом баллоне [84].

Необходимо проверить наличие уплотнительных хомутов на резиновых шлангах газового оборудования (если они были, то должны сохраниться даже после выгорания самих шлангов).

Проверять топливные системы на наличие следов ослабленных соединений, которые могут быть причиной утечки газа, возникновения пожара или его интенсификации, рекомендуют и в [8]. Наличие локальных термических повреждений на соединениях или возле них может служить доказательством утечки и факельного выгорания газа. Конечно, соединения могут быть ослаблены в результате пожара, вследствие неоднородного расширения и охлаждения. Поэтому «утечки», обнаруженные после пожара, не обязательно могут указывать на утечку до пожара.

При обследовании баллона следует обратить внимание на любые физические повреждения, положение клапанов (открыто или закрыто), и уровень топлива, если измерительное устройство на месте. Уровень горючего также можно определить путем взвешивания баллона [8].

Рекомендуют обратить внимание и на состояние регулятора давления [8].

Устройства для отопления и приготовления пищи надо обследовать и уточнить положение клапанов, чтобы определить, были ли они открыты во время пожара. К таким устройствам также относятся водонагреватели и холодильники [8].

Возможна ситуация, когда стоящий на стоянке автомобиль с газобаллонной установкой является источником утечки газа и накопления газовой среды в объеме помещения (гаража), а источник зажигания находится вне автомобиля (электрооборудование гаража, внесенный посторонний источник зажигания и т.д.). Подобный пример приводился выше. В этом случае при осмотре автомобиля после пожара необходимо, кроме всего прочего, обратить внимание на положение расходного вентиля на баллоне. Действующие ППБ требуют, чтобы перед постановкой газобаллонного автомобиля на стоянку газ в топливной системе был выработан, а расходный вентиль перекрыт. Правда, правила эти относятся к предприятиям автотранспорта и их нарушение вряд ли может быть инкриминировано индивидуальному владельцу гаража.

Литература к главе 15

1. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году. Статистический сборник. Под общ.ред. Н.П.Копылова. – М.: ВНИИПО, 2010. – 135 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году. Статистический сборник. Под общ.ред. Н.П.Копылова. – М.: ВНИИПО, 2008. – 137 с.
3. Голяев В.Г., Ефимов С.Г. Рекомендации по расследованию пожаров на автомобильном транспорте. ИПЛ УГПС СПб и ЛО. СПб., 2001. – 98 с.
4. Отчет по теме 22-2001 «Анализ пожаров, произошедших на автотранспорте в 1996–2000 гг. и разработка рекомендаций по их снижению». ИПЛ УГПС ГУВД Тюменской обл., 2002.
5. Отчет по теме 8-2008 «Провести анализ пожаров, происшедших на автомобильном транспорте на территории Амурской области в 2003-2007 гг.». СЭУ ФПС «ИПЛ» по Амурской области. Благовещенск, 2008.
6. Исхаков Х.И., Пахомов А.В., Каминский Я.Н. Пожарная безопасность автомобиля. – М.: Транспорт, 1987.
7. Булочников Н.М., Становенко А.А., Черничук Ю.П. Рекомендации по исследованию пожаров на автотранспорте. УГПС ГУВД г. Москвы, ИПЛ. М. 1999.
8. NFPA-921. Guide for Fire and Explosion Investigations. 1992 Edition. USA, NFPA, p. 122.
9. Васильев К.В., Воложенин В.Ю. Исследование пожара грузового автомобиля Volvo FH 12; Мат-лы XIX науч.-практ. конференции «Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений» ч.1, М. ВНИИПО, 2005, с. 68-71.
10. Ткачев С.С., Калинин С.А. Заключение экспертов СЭУ ФПС «ИПЛ» по Ростовской области, 2006.
11. Чешко И.Д., Лебедев К.Б. Техническое заключение. СПбФ ФГУ ВНИИПО, 2003.
12. Елисеев Ю.Н., Соколова А.Н., Чешко И.Д. Использование магнитных методов для выявления зон термических поражений на корпусных деталях автомобилей после пожара // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: Материалы XIX научно-практической конференции. – М.: ВНИИПО, 2005, с. 382-385.
13. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д., Соколова А.Н. Экспертная дифференциация поджога и загорания автомобиля в результате утечки топлива // Пожарная безопасность. – 2007. – № 1. – с. 97-104.
14. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты методы, методики исследования) СПб, СПбИПБ МВД России, 1997. – 562 с.
15. RENAULT MEGANE/SCENIC. Руководство по ремонту и эксплуатации. – Минск: УП «Гуси-Лебеди», 2007. – 264 с.
16. Передерий В.П. Устройство автомобиля: Учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2006. – 288 с.
17. Ильин Н.М., Ваняев В.Я., Тимофеев Ю.Л. Электрооборудование автомобилей: Учебник для автотранспортных техникумов. – М.: «Транспорт», 1978. – 286 с.
18. Бесчастных А.Н., Елисеев Ю.Н. Заключение специалистов. ИЦЭП ВНИИПО, 2005.
19. Елисеев Ю.Н., Бесчастных А.Н. Заключение специалистов. ИЦЭП ВНИИПО, 2005.
20. Елисеев Ю.Н. Заключение специалиста. ИЦЭП ВНИИПО, 2006.
21. Елисеев Ю.Н. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2007.
22. Ерин С.А., Елисеев Ю.Н. Заключение по пожару. СПбФ ВНИИПО, 2005.
23. Елисеев Ю.Н. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2007.
24. Рубанов И.К. Техническое заключение. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Кировской обл., 2010.
25. Результаты испытаний по имитации коротких замыканий в электропроводке автомобиля LADA 110, Тольятти, АвтоВАЗ, 2005.
26. Елисеев Ю.Н. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2007.
27. Елисеев Ю.Н. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2007.
28. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Экспертное исследование пожара в автомобиле Mitsubishi Space Star «Расследование пожаров». Сб. ст. вып. 1.– М.: ВНИИПО, 2005.

29. Митричев Л.С. и др. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия. – М. ЭКЦ МВД СССР, 1986.
30. Колмаков А.И. и др. Диагностика причин разрушения металлических проводников, изъятых с мест пожаров М. ЭКЦ МВД России, 1993.
31. Граненков Н.М. и др. Экспертные исследования металлических изделий (по делам о пожарах) М. ЭКЦ МВД России, 1994.
32. Граненков Н.М., Дюбаров Г.А., Трутнев В.Ф., Чиликин М.В. Исследование медных проводов в зонах короткого замыкания однопроводной электросети. ж Пожаровзрывобезопасность – 1993, № 4. с. 25-27.
33. Богатищев А.И. Комплексные исследования пожароопасных режимов в сетях электрооборудования автотранспортных средств. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. АГПС МЧС России, 2002. – 24 с.
34. Исследование причин возгорания автотранспортных средств. Учебное пособие / под ред. А.И. Колмакова – М.: ЭКЦ МВД РФ, 2001.
35. Смирнов О.И. Техническое заключение о причине пожара. ИПЛ ФПС МЧС России по Новгородской области. 2005.
36. Елисеев Ю.Н. Заключение эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2006.
37. ИПЛ УГПС Ямало-Ненецкого округа. Метод. Пособие по осмотру автотранспорта, поврежденного огнем и установлению причины пожара. 2002.
38. Елисеев Ю.Н. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2008.
39. ИПЛ УГПС МЧС России по Красноярскому краю. Отчет по теме 16-2002 «Анализ исследованных пожаров, происшедших на подвижном автотранспорте в 2000–2001 гг. в г. Красноярске». 2003.
40. Тихомиров Е.А. Техническое заключение по пожару. СЭУ ФПС ИПЛ по Саратовской области. 2008 г.
41. Булочников Н.М., Зернов С.И., Становенко А.А., Черничук Ю.П. Пожар в автомобиле: как установить причину? – М.: ООО «НПО «ФЛОГИСТОН», 2006. – 224 с.
42. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник в двух частях. под ред. Баратова А.Н. и Корольченко А.Я. – М.: Химия. 1990.
43. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник в двух частях. – М.: Асс. «Пожнаука», 2000.
44. Росс Твег. Системы впрыска бензина: Устройство, обслуживание, ремонт. – М.: Издательство «За рулем», 1999. – 144 с.
45. Данов Б.А. Электронные системы управления иностранных автомобилей. – М: Горячая линия. – Телеком. 2002. – 224 с.
46. Ильин П.И., Васильев А.С. Заключение экспертов. СЭУ ФПС «ПИЛ» по респ. Башкортостан.
47. Калинин Ю.В. Заключение специалиста по причине пожара. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Курганской обл. 2007.
48. Hansmann G.J. Matta Lawrence M.J. Flammable varop ignition by engine exhaust systems. Appl. Fire Sci. 2002–2003, 11, № 4., p. 335-348.
49. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Гришин В.В. Химмотология горюче-смазочных материалов. – СПб.: НПИКЦ, 2007. – 488 с.
50. Синельников А.Ф., Балабанов В.П. Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости. Краткий справочник. Изд. «За рулем». 2003. – 176 с.
51. Балтенас Р., Сафонов Л.С., Ушаков Л.И., Шергалис В. Трансмиссионные масла. Пластические смазки. – СПб.: НПИКЦ. 2001. – 208 с.
52. Васильев К.В., Воложенин В.Ю, Исследование пожара грузового автомобиля Volvo III 12; Мат-лы XIX науч.-практ. конференции «Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений» ч.1, М.: ВНИИПО, 2005. с. 68-71.
53. Елисеев Ю.Н. Заключение специалиста. ИЦЭП ВНИИПО, 2006.

54. Топлива. Смазочные материалы. Технические жидкости. Ассортимент и применение / Справочник / под. ред. Школьников В.М. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.
55. Хамидулин А.У. Заключение специалиста. СЭУ ФПС «ИПЛ» по респ. Татарстан, 2010.
56. Магсумов Р.Н. Техническое заключение по факту пожара. СЭУ ФПС «ИПЛ» по респ. Башкортостан. 2005.
57. Тумановский А.А., Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Компьютерное моделирование температурных зон в различных объемах с учетом пожарной нагрузки // Расследование пожаров: Сб. ст. вып. 2. – М.: ВНИИПО, 2007.
58. Елисеев Ю.Н. Экспертная дифференциация причин возникновения пожаров легкового автомобиля в результате поджога и технической неисправности, связанной с розливом горючих жидкостей. Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. М.:ВНИИПО, 2007.
59. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты методы, методики исследования) СПб, СПБИБ МВД России, 1997. – 562 с.
60. Чешко И.Д., Соколова А.Н., Елисеев Ю.Н. Патент РФ на изобретение № RU2329077 С2. Способ выявления скрытых очаговых признаков пожара. Опубл. 20.07.2008 Бюл. № 20.
61. ГОСТ 28084-89. Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Общие технические условия.
62. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.
63. Елисеев Ю.Н. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2007.
64. Михайлова Е.В., Казанков В.В. Заключение экспертов. СЭУ ФПС ИПЛ по Ленинградской области. 2010 г.
65. Ненуженко А.М. Техническое заключение по причине пожара СЭУ ФПС ИПЛ МЧС России по Воронежской обл.
66. Фомичев В.П. Заключение эксперта. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Новгородской обл.
67. Елисеев Ю.Н. Экспериментальные данные. 2011 г.
68. Зезюля И.М. Справка эксперта. ИЦЭП ВНИИПО, 2008.
69. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д., Бесчастных А.Н., Яценко Л.А. Эксперимент по моделированию поджога легкового автомобиля «Toyota Supra». Расследование пожаров: Сб. ст. вып. 2. – М.: ВНИИПО, 2007.
70. Волков А.А. Заключение эксперта. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Воронежской обл. 2008.
71. A Pocket Guide to Arson and Fire Investigation. Third Edition. Factory Mutual Eng. Corp., USA, 1992.
72. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Экспериментальные исследования возможности совершения поджога легкового автомобиля путем разлива горючей жидкости // Расследование пожаров: Сб. ст. вып. 1. – М.: ВНИИПО, 2005. – с. 40-48.
73. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Особенности растекания горючей жидкости при поджоге автомобиля // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов, докладов III Международной научно-практической конференции. – Мн.: НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь – ОДО «Друк-С», 2005. – с. 243-246.
74. Fire – 1992. 85, № 1046. с.4 (РЖ Пож. 2Б211, 1993)
75. Таубкин И.С. Пожаровзрывобезопасность автомобильных сливно-наливных эстакад и экспертный анализ нормативно-технических документов, ее регламентирующих. М. РФЦСЭ, 1999. – 76 с.
76. «Киндай себо, Fireman» – 1988, №1. р. 153-155.
77. ГОСТ 12.2.019-86 ССБТ. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности.
78. ГОСТ 12.2.002-91. ССБТ. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности.
79. Белкин Р.С. Репортаж из мастерской следователя. – М.: Норма, 1998.
80. ТУ 37.003.663-78 Стартеры СТ230И, СТ230К, СТ230К1. Минавтопром СССР, 1985.

81. ГОСТ 183-74. Машины электрические вращающиеся. Общие технические требования.
82. Правила технической эксплуатации нефтебаз. – М.: Недра, 1986.
83. Правила пожарной безопасности предприятий нефтепродуктообеспечения (ВППБ 01-01-94) М. 1995.
84. Васюков Г.В., Корольченко А.Я., Рубцов В.В., Вогман Л.П. Пожарная опасность газобаллонных автомобилей. Пожаровзрывобезопасность № 1, 2005 с. 33-37.
85. ТУ 51 166-83 «Газ горючий природный сжатый. Топливо для газобаллонных автомобилей».
86. ИПЛ УГПС МЧС Волгоградской области. Отчетная справка по теме 15-2003 «Провести анализ пожаров, происшедших на автотранспорте, работающем на сжиженном газе за период 1999-2002 гг. в Волгоградской области». Волгоград. 2003.
87. Морев А.И., Ерохов В.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей. – М.: Транспорт, 1988. – 184 с.
88. Елисеев Ю.Н. Заключение специалиста. ИЦЭП ВНИИПО, 2006.
89. ИПЛ УГПС Ростова н/Д. Техническое заключение о причине пожара №8/04, 2004 г.
90. ИПЛ УГПС Свердловской области Тех. заключение о причине взрыва и пожара. № 173, 2003.
91. Роговцев В.Л., Пузанков А.Г., Олдфильд В.Д. Устройство и эксплуатация автотранспортных средств: Учебник водителя. – М.: Транспорт, 1991. – 432 с.
92. Мешков А.М. Техническое заключение. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Калининградской обл. 2010.
93. Мешков А.М. Техническое заключение. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Калининградской обл. 2011.
94. Луганский Р. А. Газобаллонное оборудование автомобилей. Устройство. Установка. Обслуживание. Инструкция по настройке газовых систем IV поколения. – М.: Монолит, 2009 – 152 с.

ГЛАВА 16.

Природные пожары

- 16.1. Классификация природных пожаров
- 16.2. Лесные горючие материалы
- 16.3. Влияние отдельных факторов на возможность возникновения и направленность развития пожара
- 16.4. Исследование и описание места пожара
- 16.5. Установление очага пожара
- 16.6. Разлет горящих частиц. Пятнистые загорания
- 16.7. Динамика природных пожаров
- 16.8. Определение параметров пожара
- 16.9. Установление причины пожара
- 16.10. Расчеты степени пожарной опасности леса по условиям погоды

Пожарам подвержены большинство участков растительности на нашей планете. В России такие пожары обычно называют *лесными*, но некоторые специалисты указывают на не совсем точный характер этого термина [1]. И.С. Мелехов [2] предлагал использовать термин *ландшафтные пожары*, однако ландшафты бывают не только лесные или степные, но, к примеру, и городские. Предлагались также термины *растительные пожары* [3] и *пожары растительности* [4]. В США практически отказались от термина forest fire (лесной пожар) и используют термины wildland fire (природный пожар) и vegetation fire (пожар растительности) [1].

В данной книге мы в основном постараемся придерживаться термина «**природный пожар**» [1, 5], понимая под этим *стихийное распространение горения по территории, покрытой растительностью*.

16.1. Классификация природных пожаров

- Низовые пожары
- Верховые пожары
- Почвенные пожары

Природные пожары различаются [1]:

- по характеру (типу) растительного покрова как объекта горения – лесные, степные, кустарниковые, болотные, тундровые, луговые и др.
- по участию в горении отдельных компонентов биогеоценоза (экосистемы)
- по характеру горения в целом.

По характеру горения и в зависимости от сгорающих материалов различают три основных вида лесных пожаров: *низовые, верховые и почвенные* (подземные) [6].

Иногда лесные пожары классифицируют более сложно – на низовые, повальные верховые, вершинные верховые, подземные (торфяные) и массовые [8, 9]. При низовых пожарах сгорает надпочвенный покров. При повальных верховых горят и надпочвенный покров, и кроны деревьев. При вершинном верховом пожаре – только кроны деревьев.

Почвенные (подземные) пожары характеризуются развитием горения в толще слоя.

Массовые лесные пожары возникают при столкновительной катастрофе типа Тунгусской, воздушном ядерном взрыве [10] и здесь не рассматриваются.

В России общая площадь природных пожаров составляет около 3,5 млн. га в год. Соотношение в % низовых / верховых / подземных пожаров = 97,5:1,5:1, площадей этих пожаров соответственно 84:16:0,3 [7].

То есть, наиболее распространенными являются низовые пожары.

Так, например, в Сибири, в Томской области низовые пожары составляют 98,5%, верховые – 1,5% (но при этом 12,5% выгоревшей площади) [11].

Крупными лесными пожарами принято считать пожары площадью более 200 га [12].

Низовые пожары

Низовые пожары развиваются по растениям и растительным остаткам (лесным горючим материалам, ЛГМ), расположенным непосредственно на почве. Низовой пожар, распространившийся на площади 0,5 гектара и более, представляет собой круг или овал, образованный фронтом пламени. Интенсивное горение происходит в основном по периферии участка. В середине участка пламени мало, здесь среди черной обгоревшей поверхности почвы обычно тлеют валежины, гнилые пни и подстилка.

Трёхстадийный процесс развития низового лесного пожара показан на рис. 16.1.

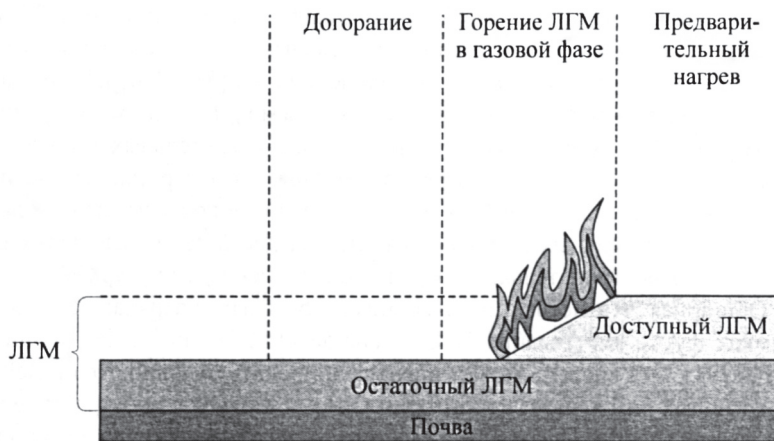


Рис. 16.1. Процесс развития низового пожара [13, 14]

Различают **беглые и устойчивые** низовые пожары.

К **беглым** относят пожары с быстро продвигающейся кромкой, когда сгорают лишь надпочвенный покров, опад, подрост и хвойный подлесок.

Беглые пожары характерны для весны, когда на почве просыхает лишь тонкий слой мелкого горючего материала. Огонь распространяется со скоростью 3-5 м/мин и сравнительно мало повреждает деревья [7].

Устойчивые низовые пожары возникают преимущественно летом, когда просохнут валежник и подстилка. Они характерны для зеленомошниковой группы типов леса после сильных засух во второй половине лета. При толщине подстилки 3-15 см и низкой (7-20%) влажности пожар принимает устойчивый характер [6, 7].

При устойчивых пожарах на участке длительное время продолжает гореть подстилка, гнилые пни, валежник.

При беглых пожарах основным является пламенное горение, а при устойчивых – тление.

По скорости распространения и высоте пламени низовые пожары (как, впрочем, и верховые, а также подземные) разделяются на **сильные, средней силы и слабые** (рис. 16.2).

Большинство лесных пожаров начинается с горения напочвенного покрова. Случаи, когда пожар начинается с загорания деревьев (например при ударе молнии) сравнительно редки. Однако и в этих случаях пожар начинает распространяться, когда огонь со ствола или кроны перейдет на напочвенный покров.

Горение по напочвенному покрову с мелким опадом поначалу распространяется с чередованием пламенного горения и тления сухих листьев, травы, мелких сухих веточек. В виде тления распространяется горение торфа, лесной подстилки.

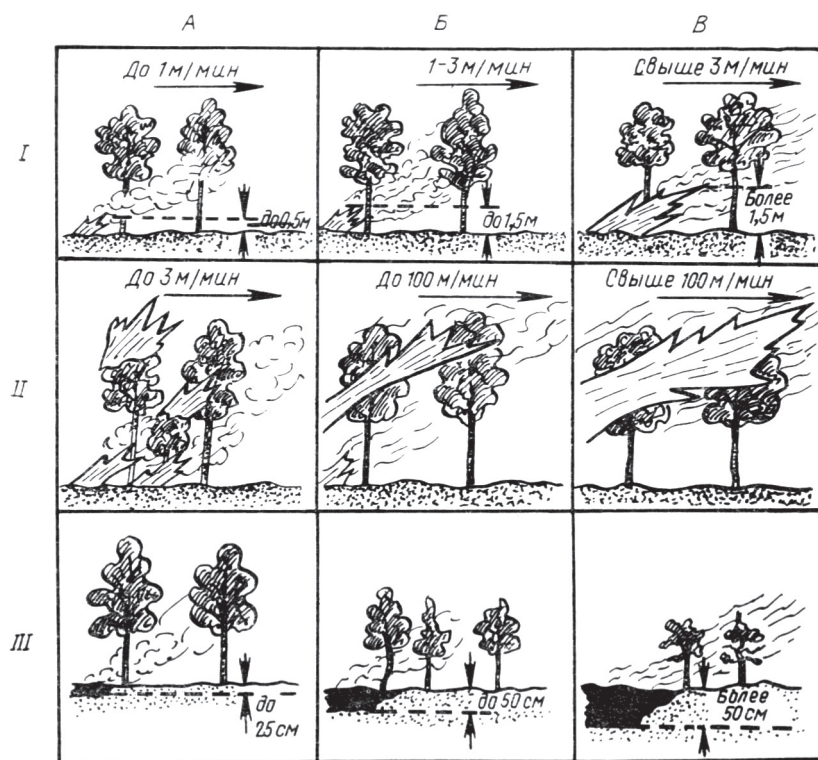


Рис. 16.2. Классификация пожаров по силе [6, 15]

I-низовые; А-слабые
 II-верховые; Б-средней силы
 III-подземные; В-сильные

При пламенном горении пожары распространяются быстро и охватывают большие площади [15].

Загорание, возникшее в какой-либо точке, при благоприятных условиях начинает распространяться по напочвенному покрову во всех направлениях. Размеры пламени возрастают, площадь, охваченная огнём, увеличивается с ускорением. Стабилизация скорости распространения кромки низового пожара наступает при разной величине выгоревшей площади; это зависит от особенностей горючих материалов и их состояния. В сосновых насаждениях стабилизация происходит при выгоревшей площади от 0,002 до 0,01 гектара [6].

Над пожаром образуется своеобразная конвекционная колонка из продуктов сгорания. При наличии горючих материалов от 10 до 30 тонн/га мощная конвекционная колонка образуется, когда площадь пожара достигает 15-25 га. При достижении этой критической площади восходящие потоки нагретого воздуха и продуктов сгорания могут прорваться в верхние слои атмосферы, образовать вихрь и усилить пожар [6].

Верховые пожары

Верховыми называют лесные пожары, охватывающие полог древостоя [16].

Пологом леса (точнее – древостоя) называют совокупность крон сомкнувшихся деревьев, размещающихся в одном или нескольких ярусах [7].

Верховые пожары возникают из низовых, как следующая стадия их развития, при этом низовой огонь является составной частью верхового пожара. Загорание крон деревьев без низового пожара является редким исключением; такое может произойти, например, под действием тепловой радиации от соседнего горящего здания [6].

Верховым пожарам наиболее подвержены густые хвойные молодые леса, расположенные на сухих возвышенностях, заросли кедрового стланца, кустарниковой формы дуба [6].

Огонь низового пожара распространяется на полог древостоя в сильно захламленных хвойных лесах, при пышном развитии в лесу смолистых кустарников типа багульника и вереска при большом количестве хвойного подлеска, деревьев с низко опущенными кронами, разновозрастных и различных по высоте деревьев. Возникновению верховых пожаров способствует сильный ветер и большая крутизна склонов, когда низовой пожар распространяется в гору. Чаще всего это происходит летом, когда засуха сочетается с ветрами [6].

Верховые пожары, как и низовые, имеют ясно выраженную кромку, а при ветре также фронт, фланги и тыл. Фронт продвигается в форме верхового огня, кромка в тыловой части – в виде низового. Перед фронтом на значительном расстоянии от искр возникают очаги низового огня (см. далее).

Фланги верхового пожара обычно представляют низовой огонь, который временами может переходить в верховой.

Развиваются верховые пожары обычно в ветреную погоду, фронт пожара продвигается неравномерно, выступами [6].

В работах [78, 79] указывается, что существуют нижний и верхний пределы распространения верхового пожара по скорости ветра в пологе. Оптимальной является скорость ветра в пределах от 2 до 4 м/с.

Лимитирующим фактором для распространения верхового пожара может быть и недостаточная плотность полога древостоя. При ее значениях меньше $0,1 \text{ кг/м}^3$ самостоятельное распространение пожара по пологу прекращается. В таких лесах возможен только повальный верховой пожар, когда распространение огня по кронам идет одновременно с кромкой низового пожара [80]

Различают **беглые и устойчивые верховые пожары**. При устойчивых пожарах кроны деревьев сгорают по мере продвижения кромки низового пожара; самостоятельного продвижения горения по пологу не происходит. При беглых верховых пожарах распространение горения по пологу может опережать продвижение кромки низового пожара.

Классификация верховых пожаров по силе приведена выше, на рис. 16.2.

Для распространения горения с напочвенного слоя на полог древостоя необходимо, чтобы тепло, выделяющееся при низовом пожаре, было достаточно для подогрева и воспламенения нижней части полога. Курбатский Н.П., ссылаясь на теплофизические расчёты, выполненные В.П. Молчановым [17] для сосновых насаждений, утверждает, что «...в приспевающих и спелых сосновых древостоях, без захламления и подроста, нет условий для возникновения верховых пожаров даже в большую засуху» [6]. Таким образом, **захламленность леса и наличие мелкого подроста** – важнейшее условие перехода пожара в верховой.

Второе важнейшее условие – **ветер, интенсифицирующий горение**. «В ветреную погоду происходят преимущественно беглые верховые пожары, когда огонь распространяется по пологу леса и опережает распространение низового огня. В безветренную погоду горение по пологу не распространяется. Для этого необходимо, чтобы от сгоревшего 1 м^3 полога 80% тепла поступало на соседний. Но это условие выполнимо лишь при очень большой скорости ветра. Поэтому распространение горения только по пологу древостоя происходит очень редко. Чаще наблюдается скачкообразное распространение беглого верхового пожара, связанное с подогревом полога за счет тепла от низового огня. Тепло низового огня, поднимаясь наклонно, подогревает кроны впереди на значительном расстоянии. В случае воспламенения одной из крон горение быстро и с шумом распространяется по подогретым кронам, но затем, вне сферы действия подогрева, затухает. В дальнейшем фронт низового пожара проходит участок, где кроны уже сгорели. Процесс подогрева крон на следующем участке возобновляется, и вспышка в пологе повторяется. Продвижение горения по кронам происходит как бы скачками, совпадающими с порывами ветра» [6].

Скорость скачкообразного распространения верховых пожаров зависит от скорости продвижения горения по пологу, от скорости продвижения низового огня, дальности разлёта искр

и головешек, инициирующих возникновение новых очагов горения впереди фронта низового пожара. Количественные данные, характеризующие динамику верховых пожаров, приведены ниже, в специальном разделе.

Развитие верховых пожаров сопровождается мощнейшими конвективными потоками. Конвективные колонки могут быть диаметром несколько сотен метров и более, а пламя в середине колонки подниматься на высоту до 120 м [6].

Почвенные пожары

Лесными почвенными пожарами принято называть беспламенное горение (тление) верхнего торфянистого слоя почвы. Различают *почвенно-торфяные* пожары, происходящие на участках с торфянистыми почвами, образовавшимися в условиях избыточного увлажнения и *почвенные подстильно-гумусовые*, происходящие на участках со слоем подстилки 20 см. и более, образующейся в условиях засушливого климата [6].

Почвенные пожары чаще возникают как дальнейшая стадия развития низовых – когда торфянистый или гумусовый слой почвы достаточно просох, огонь низового пожара постепенно заглубляется в почву.

В лесу почва суше у стволов, поэтому заглубление чаще всего начинается у стволов, а затем постепенно распространяется в стороны. ***То, что на первых стадиях просыхания торфянистого слоя выгорание его происходит только под деревьями, приводит к тому, что последние беспорядочно падают. При осмотре места пожара такой лесной участок выглядит как бы изрытым огнём [6].***

К концу лета торфяной слой становится сухим. Пересохший торф плохо пропускает влагу и какое то время остается сухим даже осенью, когда напочвенный покров сильно увлажняется. Если при этом источник зажигания попадет на участок сухого торфа, начавшееся горение будет проникать в более глубокие его слои. Этому способствует наличие в почве полусгнивших корней. Первоначально образуется небольшой очаг площадью 0,5-1,0 м², где торф выгорает на всю глубину просыхания, а затем горение распространяется по торфу во все стороны. ***Деревья при этом падают не беспорядочно, а вершинами на выгоревшую площадь [6].***

Распространение горения может происходить при влажности торфа 400% и даже 500%. Возможно это за счет специфической структуры очаговой зоны (торф выгорает характерными «пещерками») (рис. 16.3) и малой теплопроводности торфа, в результате чего малы теплопотери, а до 50% выделяющегося при тлении тепла расходуется на подогрев и подсушивание, подготовку к пиролизу прилегающих к фронту горения участков торфа. Под воздействием тепла торф высыхает, обугливается и тлеет. Пламенное горение, как правило, не возникает, разве что при сильном ветре.

Летом, в процессе высыхания горючих материалов, на лесных участках создаются благоприятные условия для возникновения низовых пожаров, позднее – верховых, затем почвенных. Иногда возникают сложные пожары, сочетающие элементы низовых, верховых, почвенных. Так, например, в сосновых насаждениях на осушенных торфяниках почвенный пожар часто является продолжением верхового, а лес, пройденный верховым пожаром, продолжает гореть на всей площади в режиме низового пожара. Неоднородность лесной территории может приводить к тому, что крупный пожар, развившийся на сотне гектаров, в одной части площади развивается как верховой, в другой – как слабый низовой, в третьей. как почвенный. Может быть и так, что некоторые участки лесной территории в силу своих особенностей вообще не сгорят и останутся зелеными оазисами на фоне сгоревшей площади. Всё это очень затрудняет поиски очага лесного пожара и может привести к серьезным ошибкам в случае бездумного применения принципа «где больше сгорело, там и очаг пожара».

Тут приходится учитывать массу факторов, один из которых – характер лесных горючих материалов на отдельных участках места пожара.

На них мы и остановимся более подробно.

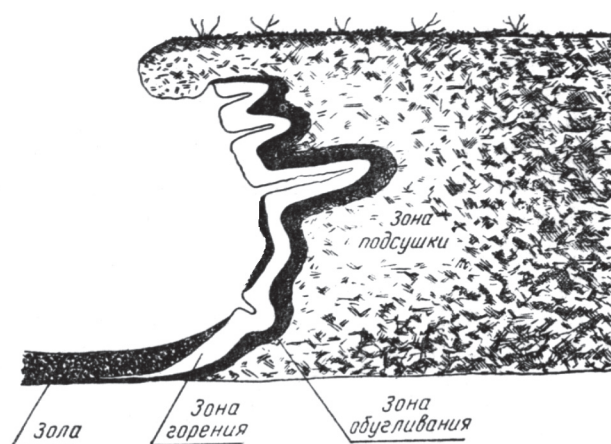


Рис. 16.3. Распространение горения при почвенно- торфяном пожаре [6]

16.2. Лесные горючие материалы

В пирологической литературе обычно используется термин «Лесные горючие материалы (ЛГМ)». Или, поскольку пожары распространяются как по лесным, так и не лесным участкам – термин «растительные горючие материалы» (РГМ) [1].

В США и Канаде применяются термины forest fuel (лесное горючее) или просто fuel (горючее).

РГМ состоят в основном из клетчатки, поэтому их усредненный химический состав $C_6H_9O_4$, а теплота сгорания равна 19 ± 2 МДж/кг (в абсолютно сухом состоянии)

Существует много классификаций лесных горючих материалов (ЛГМ) [8, 18-23].

В канадской классификации ЛГМ делят, например, на три большие группы:

- почвенные ЛГМ, включая перегной, торф, корни;
- напочвенные ЛГМ (опад листвы, хвои, травы, мелкие кустарники, крупный валёж);
- кроновое горючее (ветки с хвоей, листвой, отмершие сучья) [24].

Курбатский Н.П. разделил все РГМ на группы, при этом учитывается не только их местоположение, но и **выполняемая при пожаре функция** [18, 25]. По последнему признаку все ЛГМ разделены, кроме того, на три категории [26]:

- проводники горения;
- поддерживающие горение;
- задерживающие горение.

I группа – слои из мхов, лишайников и мелких растительных остатков (опада, травяной ветоши)

II – подстилка, перегнойный и торфяной горизонты

III – травы и кустарнички

IV – крупные древесные остатки (валежник, сухостой, сухие сучья, пни, порубочные остатки)

V – подрост, кустарники

VI – хвоя и листва растущих деревьев вместе с мелкими веточками до 7 мм

VII – стволы растущих деревьев и живые сучья толще 7 мм.

Первую группу называют группой основных проводников горения, (ОПГ) [1], потому что их наличие и состояние определяют возможность загорания и горения биоценоза. ОПГ – это непрерывный слой на поверхности почвы, состоящий из гигроскопичных растительных горючих материалов (мелких растительных остатков, мхов и лишайников), по которому может самостоятельно распространяться **пламенное** горение. ОПГ – это главное горючее при низовых пожарах [1].

Вторая группа РГМ (подстилка, а также торфяной и перегнойный горизонты) является проводником беспламенного горения при почвенных пожарах, т.е. проводником тления.

В пирологии к подстилке относят только нижнюю и среднюю часть того слоя, который называют лесной подстилкой в почвоведении и лесоведении. Это средний слой из активно перегнивающих остатков, ещё не потерявших своей формы и структуры, и нижний – аморфную массу перегнивших растительных остатков. Самый верхний слой, т.е. опад (слой, состоящий из неразложившихся мелких растительных остатков) и способный распространять пламенное горение, относят все-таки к группе 1 – основных проводников горения.

Тонкие опавшие ветви и сучья включаются обычно в опад, толстые (толще 2 см) относятся к валежнику. Период сгорания слоя у ОПГ редко превышает 1 мин. У сучьев с диаметром до 2 см около половины энергии пламенного горения также выделяется за 1 мин. Поэтому 2 см и принято за условную границу между опадом и валежником [1].

Остановимся на характеристиках этих ЛГМ более подробно.

Мхи и лишайники

Мхи и лишайники с включенным в них опадом, составляют нижний ярус живого напочвенного покрова леса. Слой мхов и лишайников высыхает в верхней части и слабо пропускает влагу снизу вверх. Поэтому верхняя часть слоя может иметь влажность 25-30% и легко загораться, а влажность нижней части слоя может достигать 70% и более. *Критическая влажность мхов и лишайников, при которой по ним распространяется горение, равна примерно 55%* [6].

Лишайники высыхают быстрее и горят пламенем лучше, чем зеленые мхи. В сухом состоянии они легко загораются от спички, но менее восприимчивы к искрам. Зеленые и блестящие мхи, располагаясь между лишайников, благодаря несколько большей влажности, пламенному горению почти не подвержены. Они менее восприимчивы к источникам открытого огня и искрам. Мхи хорошо горят вместе с мелким опадом. Мелкий опад из отмерших частей растений располагается в слое из мхов и лишайников. Его вес в общем составе горючих материалов может превышать 50% [6].

Слой мхов и лишайников с опадом – легкий (объемный вес в сосняках – 0,15, в ельниках – 0,30), насыщенный воздухом, с большой активной поверхностью. Он способен загораться даже под воздействием источников зажигания малой мощности. Именно он является тем горючим материалом, который при лесном пожаре загорается раньше всего и способствует распространению горения из очага [6].

Подстилка

Так называемая **подстилка** – группа горючих материалов, формирующая самый верхний горизонт лесной почвы. Она состоит из отмерших частей растений с различной степенью разложения и потерей естественной структуры [27]. Запас подстилки в лесу может составлять от 12 до 20 т/га. На свежих почвах её влажность достигает 250%, а на почвах с избыточным увлажнением, где она превращается в торф – 650%. Высыхает подстилка, начиная с верхних слоев, ее влажность может понижаться до 6-8%.

Подстилка состоит в основном из гнилой полуразвалившейся древесины валежника. Объемный вес подстилки в сосняках составляет 0,01-0,07%. Поэтому обнаженная сухая подстилка и гнилая древесина являются средой, склонной к самоподдерживающемуся тлению, они способны загораться от искр, тлеющего табачного изделия. Горение подстилки обычно протекает в режиме тления, только в сухом состоянии и под влиянием ветра оно переходит в пламенное горение. Критическая влажность подстилки, при которой она может тлеть, значительно выше 70% [6].

В подстилке горение в скрытом виде (в режиме тления) может сохраняться и распространяться длительное время.

Травы и кустарнички

Слой из трав и кустарничков, представляющий собой первый ярус живого напочвенного покрова, может содержать более 5 тонн /га сухого вещества. Растения этой группы отличаются значи-

тельной и устойчивой влажностью, составляющей 70-160%. У черничника она доходит до 200%. Среди растений этой группы повышенной горючестью отличается багульник (из-за высокой смолистости) и вереск (из-за пониженной влажности и значительной смолистости). Вследствие высокой влажности и чрезмерно рыхлой структуры эта группа горючих материалов самостоятельно гореть не может. Н.П. Курбатский приводит пример – если в сосняке верещатнике на полосах шириной 1 метр из под яруса вереска удалить мхи и лишайники с опадом, а также подстилку, то вереск гореть не будет, а волна огня, пущенная по ветру, на этих полосах останавливается [6]. Но в сочетании с другими указанными выше материалами, эти материалы распространяют горение.

Подрост и подлесок

Подростом называют молодое поколение древесных растений под пологом древостоя или на лесопокрытых землях, способное образовать новый древостой. К подросту относят поколение деревьев старше 2-5 лет, а на севере – старше 10 лет, до образования молодняка или яруса древостоя.

Подлеском называют группу растений в лесу, которые произрастают в тени деревьев, образующих древесный полог. Подлесок состоит из кустарников и низких деревьев, которые никогда не вырастают до высоты основного древостоя, чем и отличаются от подростов.

По влажности они мало отличаются от травы и кустарничков. Когда подрост и подлесок из лиственных пород, то он обычно задерживает распространение горения; хвойные же горят и усиливают низовой пожар. Особенно опасен в пожарном отношении подлесок из можжевельника, который при горении дает много искр. Желтая акация в подлеске сосновых насаждений способствует распространению горения, т.к. под ней накапливается легковоспламеняющийся опад из листьев. Подлесок из липы притеняет почву, задерживает высыхание подстилки, а в ходе пожара даже несколько снижает интенсивность его развития [6].

Валежник и пни

Валежником называют упавшие на поверхность почвы стволы деревьев, отмершие в процессе естественного изреживания древостоя, в результате ветровала, бурелома и снеголома [13].

В насаждениях он представляет пятую группу горючих материалов, дополняющую вышеперечисленные. Количество его в густых насаждениях, при естественной захламленности леса, составляет от 3 до 15 кубометров на гектар. Стволы деревьев, лежащие плотно на поверхности почвы, высыхают медленно, как и подстилка. При быстром сгорании живого напочвенного покрова с опадом валежник успевает обгореть только с поверхности и потому лишь частично участвует в пламенном горении при низовом пожаре. Догорает он обычно вместе с подстилкой. Если валежник присутствует в большом количестве, то он, естественно, усиливает горение и увеличивает его продолжительность [6].

Крупные валежные стволы в лесу, если они приземлены, горят очень плохо, обгорая лишь снаружи и поэтому, практически не увеличивая интенсивность пожара [1].

Древесина одиночных валежин при низовых напочвенных пожарах не сгорает вообще [13].

Листья и хвоя

При верховом пожаре, кроме указанных выше материалов, в горении в пологе древостоя участвуют хвоя, листья и мелкие ветки деревьев. Стволы и сучья деревьев могут сгорать в молодняках, а иногда и в спелых насаждениях (взрослых деревьях) [6].

Влажность хвои и листьев изменяется от 140 до 280% и зависит от возраста дерева и возраста хвои. На нижних ветках преобладает старая и более сухая хвоя, на верхних – молодая. Весной хвоя имеет низкую влажность, затем она повышается, а к осени снижается. Это создает благоприятные условия для возникновения верховых пожаров во второй половине лета, чему способствует и увеличение в этот период количества низовых пожаров.

Листья березы и хвоя ели по влажности близки к влажности хвои сосны. Но наибольшей смолистостью отличается хвоя сосны, меньшей – ели, еще меньше – листья березы. В соответствии с этим

рядом изменяется возможность возникновения верховых пожаров у насаждений этих пород – она максимальна у сосны, минимальна у березы.

Стволы и ветви деревьев

Стволы и ветви деревьев составляют большую часть фитомассы леса. Однако при пожарах они сгорают очень редко. Иногда полностью сгорают деревья при верховых пожарах в густых сосновых молодняках, возникших на вырубках, сильно захламленных порубочными остатками. У деревьев старших возрастов на стволах и ветках сгорают мхи и лишайники, обгорает поверхность коры. Горение может происходить в дуплах стволов с гнилой древесиной. То есть древостои гибнут от пожаров, но не сгорают [13]. Это обстоятельство хорошо известно в криминальных кругах, которые устраивают лесные пожары с целью продать затем оставшуюся после пожара товарную древесину.

У сухостойных деревьев обычно наиболее сильно горит прикомлевая часть, причем пламенное горение часто переходит в тление. Подгоревший ствол падает, т.е. становится валежным. Если он плотно прилегает к земле, то тление ствола от комля к вершине продолжается иногда до 2-х месяцев со скоростью 15-20 см/сутки. В итоге от сухостойного упавшего ствола остается только зольный след на почве. Стволы деревьев из валежника при пожаре обычно лишь обгорают сверху.

Скорости горения лесных материалов

Н.П. Курбатский [6] приводит данные Г.А. Амосова по скоростям горения различных лесных материалов (таблица 16.1). Они получены в результате сжигания образцов массой 200 г. Обращаем на это особое внимание – данные характеризуют сравнительную горючесть различных лесоматериалов, склонность к пламенному горению или, наоборот, к тлению. Но приведенные данные, в частности, по скоростям выгорания, нужно очень осторожно экстраполировать на реальную ситуацию лесного пожара.

Таблица 16.1

Характеристики и массовые скорости горения различных лесных материалов [6]

Материал	Влажность, %	Зольность, %	Потеря массы,%			Макс. скорость горения, г/с	Остаток гор. вещества,%
			При испарении влаги	При пламенном горении	При тлении (выгорании угля)		
1	2	3	4	5	6	7	8
Вереск	8,8	2,6	9	51	33	2,6	7
Багульник	8,1	2,0	8	59	27	1,71	6
Березовые тонкие веточки	9,0	0,8	9	67	21	1,57	3
Брусника	4,7	2,3	5	52	35	1,09	8
Сосновые веточки (опад)	8,6	1,0	9	49	34	0,71	8
Березовые толстые веточки	9,6	0,3	9	39	47	0,54	5
Лишайниково-мшистый покров	11,9	1,9	12	48	27	0,57	13
Зеленые мхи	8,5	2,5	8	28	53	0,43	16
Сфагнум	11,7	1,8	12	10	71	0,53	7
Подстилка зеленомошника	10,1	6,0	12	3	55	0,05	30
Торф (степень разложения – 20%)	35,0	–	35	0	52	0,06	13

Из таблицы видно, что у кустарничков (вереск, багульник) в режиме пламенного горения выгорает 50-60% массы, а у торфа, подстилки -0-3% – они, в основном, тлеют.

16.3. Влияние отдельных факторов на возможность возникновения, динамику и направленность развития пожара

Время года

Возникновение пожаров по срокам обычно ограничено *пожароопасным сезоном*, который начинается, как только сойдет снег и кончается осенью. На Дальнем Востоке в лесостепной зоне пожары возникают в бесснежные зимы при отрицательных температурах [6].

После схода снега горючие материалы на отдельных участках высыхают и легко загораются, но лишь позднее горение может распространяться по всей площади. Соответственно этому различают *«воспламенятельную подготовленность горючего, т.е. возможность загорания отдельных видов горючего, например, кустиков сухой травы и слоевищ лишайников, и пожарную опасность участков, т.е. возможность распространения огня на участках леса»* [6].

Весенняя вспышка пожаров ослабевает и прекращается под влиянием развития трав в живом напочвенном покрове. Так, например, в южных горных районах Сибири (Алтай, Саяны) пышное развитие трав исключает возникновение пожаров в июле месяце. Однако такое сокращение или даже прекращение пожаров характерно для лесных массивов с большим травяным покрытием. В насаждениях северной подзоны тайги с преобладанием покровов из мхов и лишайников пожары возникают и после периода разрастания трав. Они могут развиваться даже интенсивнее, чем ранней весной [6].

В течение лета в подавляющем большинстве типов лесов происходит постепенное иссушение почвенных горизонтов, понижение уровня грунтовых вод, высыхание гнилых пней и валежков. Соответственно этому, летом и в начале осени низовые пожары развиваются в почвенные всё чаще и интенсивнее – с большим углублением горения в подстилку и торфянистый горизонт. Увеличение общей массы сгорающего на земле горючего материала способствует переходу низовых пожаров в верховые. Во второй половине лета могут возникать наиболее разрушительные беглые и устойчивые верховые пожары, сопровождающиеся выгоранием подстилки и торфа [6].

Описанные выше взаимосвязи возможности возникновения пожаров и времени года нужно рассматривать как общие правила, из которых могут быть и исключения. Известны многочисленные случаи, когда лесные пожары горят при низких и даже отрицательных температурах (в местах, где нет снега) [15]. В случае такого пожара эксперт должен понимать и отразить в заключении – в данных условиях для инициирования горения необходим достаточно мощный и относительно длительного действия источник зажигания. Это явно не случайная искра или тлеющее табачное изделие.

Влажность лесных материалов

РГМ делятся на гигроскопичные и негигроскопичные. К *негигроскопичным* относятся живые сосудистые растения – травы, кустарнички, кустарники, деревья. Они могут активно поддерживать в своих тканях определенный уровень содержания влаги. *Гигроскопичными* РГМ являются мертвые растительные и остатки разной степени разложения (опад, усохшие травы, валежник, сухостой, подстилка), а также несосудистые растения – мхи и лишайники. Содержание влаги в них всё время меняется под влиянием чередующихся процессов высыхания и увлажнения за счет выпадающих осадков и поглощения влаги из воздуха.

Максимальное влагосодержание гигроскопичных РГМ зависит от их пористости и изменяется в интервале от 100% (древесина) до 3000% (сфагнум). Влагосодержание негигроскопичных РГМ, таких, как хвоя вечнозеленых древесных пород (сосна, ель, кедр, пихта) в течение вегетационного периода колеблется в пределах 100-130% с кратковременным понижением весной до 80-90% [28].

У хвои лиственницы и листьев березы и осины, наоборот, влагосодержание весной при распускании составляет почти 300%, летом снижается до 200%, а перед опадением, осенью – до 120-150%. Влагосодержание различных кустарничков находится в пределах 80-150% и мало зависит от сезона. У сочных трав при отрастании весной оно может превышать 1000%, а по мере роста снижается до 500%.

Существует понятие **критического влагосодержания**, выше которого горение по слою распространяться не может [1].

Удельная теплота сгорания РГМ около 19 МДж/кг, поэтому, если бы вся теплота расходовалась на подготовку горючего, то критическое влагосодержание составило бы 700-800%. Т.е. все РГМ, кроме молодых трав и залитых водой торфяников, могли бы гореть самостоятельно. Но этого не происходит по причине теплопотерь в окружающую среду.

Одним из главных факторов, определяющих теплопотери, является структура слоя РГМ. При нахождении зоны горения целиком внутри слоя горючего (подземные торфяные пожары и т.п.) коэффициент использования тепла доходит иногда до 60%, вследствие чего критическое влагосодержание может составить 500%. При открытом тлении оно снижается до 200% [1].

У компактных слоёв (плотноопадный, влажномшистый и сухомшистый типы основного проводника горения) почти вся зона пламени находится вне слоя горючего, использование тепла составляет лишь 4-5%, поэтому критическое влагосодержание низкое – около 25%.

В рыхлых слоях (травяно-ветошный и лишайниковый типы ОПГ) нижняя часть зоны пламени находится внутри самого слоя, потери меньше и критическое влагосодержание составляет 40-70%.

Червонный М.Г., ссылаясь на данные Амосова Г.А. [29], также отмечает, что при пламенном горении большая часть выделяющегося тепла рассеивается в пространстве и на подогрев очередных порций горючего расходуется всего 2-8% теплоты [15]. При тлении (например, торфа) на подогрев окружающих горючих материалов затрачивается, как уже отмечалось выше, до 50% всего выделяющегося тепла, что делает возможным распространение такого горения даже при относительно высокой влажности горючих материалов. Накопленное в слое торфа или лесной подстилки тепло рассеивается медленно, поэтому в них могут сохраняться очаги горения, которые приводят к возобновлению пожаров даже через довольно длительные промежутки времени после их ликвидации.

Тем не менее, избыточная влага препятствует распространению горения и, если фронт огня встречает на своем пути сильно влажные материалы, он замедляет свое распространение или вовсе гаснет. Поэтому, например, весной, когда под пологом леса ещё очень влажно, огонь распространяется только по открытым местам и в лес не заходит.

По той же причине пожары во второй половине дня распространяются в несколько раз быстрее, чем ночью или ранним утром, когда понижается температура и повышается влажность воздуха, выпадает роса.

Влажность и загораемость напочвенного покрова не остаются постоянными и реагируют даже на такие суточные изменения влажности воздуха. Лишайники и мхи с включенным в них опадом (а именно с них, как правило, начинается пожар – см. выше) быстро увлажняются с повышением влажности воздуха, а с понижением ее быстро высыхают. Наибольшую влажность они имеют в 5-7 утра, затем, по мере нагревания воздуха, влажность их понижается. Этот процесс заканчивается около 15-16 часов, а с 18-19 влажность снова начинает повышаться.

Важным метеорологическим фактором развития лесных пожаров является **ветер**. Местные ветра обычно усиливаются от неравномерности нагрева земной поверхности в полуденные часы. Они стихают ночью и особенно в ранние утренние часы, когда температура воздуха над различными участками земной поверхности выравнивается.

Таким образом, общий комплекс метеорологических условий способствует тому, что **наиболее благоприятные условия возникновения и развития пожаров создаются в период от 12 до 16 часов, наименее благоприятные – с 3 до 7 часов** [6, 15]. В подтверждение этому в [6] приводятся данные о распределении пожаров по времени в Германии, в округе Потсдам:

Таблица 16.2

Время суток	до 9	9–11	11–13	13–15	15–17	17–19	после 19
Число пожаров, %	1	6	11	18	29	12	6

К сожалению, данные не российские, но, очевидно, что они выражают общую для нас тенденцию. Отметим также, что кроме погодного, здесь проявляется человеческий фактор – людей в лесу днём больше, чем ночью – соответственно, и частота появления источников зажигания больше.

Плотность РГМ

У напочвенных РГМ плотность слоя играет важную роль в их возможности загораться, распространять горение, а также самом механизме распространения горения.

Слои напочвенных РГМ делятся по плотности (компактности) на четыре вида:

Очень плотные (например, подстилка) – они могут гореть в режиме тления;

Плотные (из плотного опада и плотных мхов) – у них пламя находится вне слоя, пламенное горение протекает вяло и сопровождается длительным тлением;

Рыхлые (из рыхлого опада и рыхлых мхов). У них пламя частично проникает внутрь слоя, период активного тления короткий;

Очень рыхлые (из травяной ветоши и кустистых лишайников) у них пламенное горение пронизывает всю толщину слоя, тление почти не наблюдается [1].

От себя отметим, что речь в данном случае идет развитии горения из очага. Если источником зажигания является, например, тлеющее табачное изделие, то заметный период тления может наблюдаться и в случаях 3) и 4).

Минимальная толщина слоя

Запас минимального по толщине слоя горючего, по которому может распространяться горение, называют минимальным (критическим) запасом. Он зависит от структуры слоя. Например, минимальный запас слоя из мхов или опада – 200 г/м² [29]. Это означает, что, когда у напочвенного покрова из мха или опада самый верхний слой толщиной около 1 см высохнет до влагосодержания меньше 25%, то по такому покрову уже может распространяться горение.

У очень рыхлых слоёв, состоящих из тонких частиц горючего (например, слой из усохших мелких осок) критический запас снижается до 70 г/м².

Характер и расположение горючих материалов

Динамика развития пожара, естественно, зависит от характера и расположения горючих материалов. В сосняках, например, при наличии подроста огонь легко переходит на кроны деревьев, тогда как в спелом одновозрастном сосновом насаждении (взрослые деревья без молодняка) он будет распространяться только по напочвенному покрову [15].

Скорость ветра

Большое влияние на скорость и характер распространения пожара оказывает ветер. Против ветра продвижение кромки низового пожара происходит в 6-10 раз медленнее, чем по ветру. Если на открытом месте при ветре 0,5 м/с скорость движения кромки огня составляла 0,7 м/мин, то при увеличении скорости ветра до 3,5 м/с она возрастает до 5,1 м/мин [6, 15].

Еще больше скорость ветра влияет на развитие верхового пожара (см. ниже).

Степень захламленности леса

Влияет на скорость распространения огня и степень захламленности леса – чем она больше, тем быстрее развивается пожар. Влияние указанных двух факторов (скорости ветра и захламленности леса) на скорость распространения огня хорошо иллюстрируется таблицей 16.3.

Таблица 16.3

**Влияние скорости ветра и захламленности на скорость распространения огня
в ельниках-зеленомошниках (м/мин) при 40% влажности воздуха [6, 30]**

Захламленность площади	Скорость ветра на высоте 2м (м/с)					
	0	1–3	4–8	9–13	14–20	21–28
слабая	3	39	70	150	280	340
средняя	11	45	170	370	710	1100
сильная	17	70	280	600	1100	1700

Отмечается также влияние *влажности воздуха*. По данным выше упомянутого А.А. Молчанова, приводимых в [6], в среднезахламленном ельнике-зеленомошнике при сомкнутости 0,5-0,6 и средней скорости ветра 11 м/с, скорость продвижения фронта низового пожара при увеличении влажности от 30 до 90% снижалась в 145 раз (табл. 16.4).

Таблица 16.4

Скорость продвижения фронта низового пожара при различной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха, %	30	50	70	90
Скорость продвижения фронта, м/час	580	170	60	4

Наиболее подробно совокупное влияние различных факторов на интенсивность горения во фронте пожара и скорость его распространения было изучено С.М. Вонским, данные которого приводятся в [6]. Скорость ветра в ней указана та, которая наблюдалась на высоте 2 м. На открытом месте, на высоте 14 м она была в 1,5–2 раза больше (таблица 16.5).

Таблица 16.5

**Интенсивность и скорость распространения низовых пожаров
в зависимости от основных влияющих факторов [6]**

Влажность лишайниково-мшистого яруса													
Скорость ветра, м/сек	до 30 %				от 30 до 50 %				свыше 50 %				
	Q, т.ккал м/мин	V, м/мин	h, м	l, м	Q, т.ккал м/мин	V, м/мин	h, м	l, м	Q, т.ккал м/мин	V, м/мин	h, м	l, м	
Сосняк лишайниково-мшистого													
0,5	2,6	0,7	0,5	0,5	2,0	0,6	0,3	0,4	1,0	0,5	0,2	0,2	
1,5	8,5	2,1	1,4	1,9	5,2	1,7	1,0	1,2	2,3	1,1	0,6	0,7	
2,5	16,0	3,7	1,8	2,9	8,8	2,9	1,4	1,9	4,3	1,7	1,1	1,1	
3,5	23,5	5,1	1,7	3,6	12,4	4,0	1,4	2,5	6,6	2,3	1,1	1,5	
Сосняк – зеленомошник мшистый													
0,5	1,3	0,5	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3					
1,5	3,0	1,1	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4					
Сосняк багульниковый													
0,5	3,0	0,5	1,3	0,9									
1,5	11,1	2,2	2,0	1,8									
2,5	20,9	4,4	2,3	2,7									
3,5	30,7	6,5	2,6	3,5									

Приведенные выше данные не только иллюстрируют влияние указанных факторов на развитие пожара, но в отдельных случаях могут быть использованы в СПТЭ. Например, при ответе на часто задаваемый вопрос «Какие факторы способствовали распространению пожара?» Конечно, здесь нужны осторожные оценки. Но, тем не менее, в материалах дела могут содержать указанные выше метеоданные, характеристики лесного участка (характер растительности, захламленность и др.). В этом случае появляется возможность анализа динамики распространения горения, что может потребоваться при ответах как на указанный вопрос, так и на вопрос о развитии пожара из очага или местоположении самого очага. Более подробно на динамике различных типов природных пожаров мы остановимся ниже, в специальном подразделе.

Рельеф местности

Рельеф местности способен оказывать существенное влияние на динамику и направленность развития пожара, что, безусловно, следует учитывать при установлении очага пожара. Особенно в горной местности.

Наклон земной поверхности, по которой поднимается кромка пожара, ускоряет продвижение огня. По вполне понятной причине – прогрев материалов впереди фронта пламени за счет радиации и конвекции усиливается так же, как и при наклоне пламени под действием ветра во фронте пожара. Даже в безветренную погоду вверх по склону кромка пожара продвигается быстрее, чем вниз. Продвижение горения по напочвенному покрову вниз по склону, наоборот, затруднено и почти не происходит. Чем круче склон, тем быстрее продвигается вверх кромка пламени. Здесь в принципе вполне применимо известное правило Б.В. Мегорского – в случае распространения горения по вертикали – ищи очаг пожара в самой нижней точке с признаками горения.

Пожар, распространяясь вверх по склону, в безветренную погоду обычно охватывает площадь в виде ***треугольника*** с вершиной в точке возникновения. Так же, как при ветре в равнинной местности. Чем круче склон, тем острее угол треугольника, обращенный вершиной вниз по склону. В некоторых случаях под влиянием ветра огонь выжигает на склонах длинные полосы с параллельными границами, под небольшим углом наклонённые к горизонтали [6].

Конечно, бывают и исключения. Очень крутые склоны с отвесными, лишенными растительности скалами, наоборот, являются препятствием для продвижения кромки пожара. С крутых склонов горящие головешки, шишки могут скатываться вниз, образуя вторичные очаги (очаги горения).

Микроклиматические особенности различных горных склонов также проявляют себя. На округлых гребнях гор растительность, как правило, беднее, часто гребни и совсем без леса. Но в напочвенном покрове заметно выше доля мхов и лишайников; в целом покров суше и легче воспламеняется [6].

Северные склоны в средних широтах чаще всего заняты менее пожароопасными насаждениями темнохвойных пород. Здесь больше выпадает осадков, напочвенный слой хуже просыхает. Поэтому на северных склонах горючие лесные материалы на протяжении большей части пожароопасного сезона остаются влажными. Обратная картина на южных склонах – здесь суше и растительность часто светлохвойных пород и теплолюбивых лиственных. Таким образом, южные склоны более пожароопасны как по характеру растительности, так и по микроклимату.

Очень важным элементом горного климата является ветер. Чем выше горы, тем сильнее ветры и их влияние на развитие пожаров. Кроме этого, для гор характерно распространение дневных потоков нагретого воздуха вверх по склонам и стекание по ущельям холодного воздуха в ночные часы. Дневные воздушные потоки ускоряют продвижение фронта пожара вверх по склону, и способствует развитию низового пожара в верховой. Ночные потоки, наоборот, задерживают распространение горения вверх и ослабляют интенсивность огня [6].

На гребнях гор вследствие большей сухости лесных материалов и более частых и сильных ветров, пожары могут распространяться с большой скоростью, особенно, когда ветер дует вдоль гребня. Огонь, распространившийся по гребню, спускается вниз по склонам в долины и может охватить большую территорию. Хотя, в то же время, скалистые гребни и ручьи в глубоких ущельях служат препятствиями для распространения огня.

Направление и силу ветра при анализе распространения пожара в горной местности обязательно нужно учитывать. Для этого есть справки метеобюро. Но вся сложность в том, что при четко выраженном направлении ветра для всего горного массива, на отдельных его частях, на склонах и в ущельях могут дуть ветры несколько иного направления. На склонах иногда формируются воздушные потоки, отраженные от других склонов. В ущельях возникают ветры, описывающие все их изгибы. Такие «локальные ветры» могут изменять направление распространения пожара.

Фронт низового пожара при подъеме к гребню может развиваться в верховой пожар, а после перехода на противоположный склон ослабевать и спускаться как низовой.

Ущелья при слабом ветре задерживают распространение огня по горизонтали. Однако сильный ветер часто переносит искры через узкие ущелья и пожар развивается дальше. Задерживают движение огня долины, реки ущелья, крутые склоны, участки леса темнохвойных пород, если они достаточно широкие. Конечно, многое зависит от скорости ветра и силы огня [6].

16.4. Исследование и описание места пожара

Место природного (лесного) пожара – специфический объект исследования. Многие пожарнотехнические эксперты мало знакомы даже со специальной терминологией, принятой в лесном деле и, в частности, в лесной пирологии. Не говоря уже о более глубоких познаниях. А они необходимы как для грамотного описания места пожара при его личном осмотре, так и при изучении экспертом уже имеющихся материалов дела по природному пожару.

В данном подразделе мы и остановимся на некоторых методических аспектах исследования и описания места лесного пожара. Основными источниками приведенной ниже информации является методическое пособие М.А. Софронова и А.В. Волокитиной [31], а также некоторые другие издания [16, 32].

Начнем с терминологии.

Природным пожарищем (ПП) называют участок растительности, пройденный огнём. Считается, что ПП существует, пока явные следы горения на почве не будут закрыты живым напочвенным покровом или древесным опадом. В зависимости от региона на это требуется разное время. В южно-таёжных травяных типах леса отрастание трав после пожара происходит практически за неделю, а в северо-таёжных моховых типах леса первоначальное формирование напочвенного покрова может затягиваться на 2-3 года и более. Для таких зон употребляют термин «старое пожарище».

Лесную площадь, пройденную огнём, с явными следами горения на почве, называют **лесным пожарищем**.

Контуром лесного пожара называют внешнюю границу лесной площади, пройденной огнем [32], т.е. внешнюю границу лесного пожарища.

Кромка лесного пожара – это полоса горения, окаймляющая внешний контур лесного пожара и непосредственно примыкающая к участкам, не пройденным огнём.

Фронт лесного пожара – часть кромки лесного пожара, распространяющаяся с наибольшей скоростью [32].

Горельник – древостой, горелый лес. В [16, 32] горельниками называют участки, где лесные насаждения *частично* погибли в результате пожара.

Гарь – лесная площадь с древостоем, *полностью* погибшим в результате пожара [3, 16, 32]. Гарь не может иметь даже остатков древостоя.

Свежими горельниками (СГ) называют лесные пожарища с погибшими, а также отмирающими или сильно поврежденными древостоями.

Валежные свежие горельники – СГ, на которых произошел вывал древостоя из-за перегорания корней.

СГ существуют от 2-3 лет (в случае гибели древостоя от пожара) до 5-7 лет при постепенном отмирании поврежденных деревьев. СГ, после того, как деревья превратятся в сухостой, становятся или гарями, или просто горельниками [31].

Акцентировать внимание на различиях понятий «свежие горельники» и просто «горельники» необходимо по причине того, что пожары на одной и той же лесной территории могут происходить неоднократно, при этом наблюдается наложение следов старых и новых пожаров. Это может в некоторых случаях затруднить выявление признаков направленности горения и установление очага пожара.

Считается, что возможность повторного развития горения после пожара восстанавливается достаточно быстро – за 2–3 года. В то же время, гибель одних растений происходит ещё во время пожара, отмирание других тянется несколько лет. Восстановление корневищных растений может происходить за неделю, поросль лиственных пород появляется в течение месяца, для восстановления мхов и лишайников требуются годы, а древостоя – десятки лет [31].

В литературе указывается, что при необходимости «...*Год пожара определяется двумя способами: 1) по годичным кольцам на подрубленных краях пожарных подсушин у живых деревьев и 2) по возрасту пневой поросли (березы, кустарников) или корневых отпрысков (осины), которые появляются обычно, спустя 1–1,5 месяца после весенних или летних пожаров*» [31].

Осмотр места пожара

Пирологи отмечают (и они, безусловно правы), что крупные гари и пожарища очень полезно сначала осмотреть с патрульного самолета, уточняя на плане контуры пожарища и отмечая степень повреждения древостоев. При осмотре необходимо иметь выкопировку с лесоустроительного планшета, выписку из таксационного описания на данную площадь, а также, желательно, топографическую карту масштаба 1:25000 – 1:100000 или аэрофотоснимки масштаба 1:10000 – 1:25000.

Маршруты осмотра внутри пожарища (гари) намечаются обычно поперек ручьев и лощин.

При осмотре и составлении протокола осмотра проводятся:

- оценка допожарного типа леса;
- характера и степени повреждения древостоя пожаром;
- описание повреждений напочвенного покрова и прогорания подстилки;
- описание повреждений подроста и подлеска;
- описание следов и последствий горения валежника и сухостоя;
- оценку вида, разновидности и силы пожара [31].

Добавим, что задача установления очага пожара (см. далее) требует выявления и фиксации рассмотренных ниже признаков направленности распространения горения, фронтальной, тыловой и фланговых зон распространявшегося пожара.

Вид пожара в ходе осмотра определяется по характеру повреждения древостоя.

После **верховых** пожаров деревья имеют обгоревшие кроны. При этом сгорают ветви и побеги диаметром до 6-7 мм (толщины карандаша), что вызывает гибель деревьев.

На пожарищах после верховых пожаров деревья с обгоревшими кронами – это деревья, погибшие во время пожара. У лиственных пород долго остаются живыми основание стволов и корни.

При **почвенных** (особенно торфяных) пожарах происходит так называемый вывал древостоя (падение деревьев) за счет того, что перегорают корни. На обнаженных корнях обычно бывают видны следы их перегорания..

Для **низовых беглых** пожаров характерна сгорание опада, травяной ветоши, верхнего слоя мхов и лишайников, травы и кустарничков, мелкого валежника. Но подстилка почти не горит.

Низовые устойчивые пожары сопровождаются активным тлением подстилки, ее толщина уменьшается, а следы тления сохраняются достаточно долго.

Низовые пожары могут вызвать ожог луба (внутренней волокнистой части коры, подкорья, отделяемого непосредственно от ствола) и камбия (слоя древесных клеток, в которых происходит деление и нарастание новых клеток) под корой в нижней части стволов, а также на корневых лапах. Последнее происходит при устойчивых низовых пожарах, за счёт тления подстилки. Обожженные луб и камбий приобретают коричневатый цвет. Возможность такого ожога определяется интенсивностью и длительностью горения вокруг ствола, а также толщиной коры; последняя зависит от диаметра ствола и древесной породы.

Беглые низовые пожары малой интенсивности, которые обычно бывают при штиле или слабом ветре под пологом, могут вызывать кольцевые ожоги луба и камбия у деревьев с толщиной корки менее 5 мм (у сосен диаметром менее 7 см и елей диаметром менее 12 см). Ожоги не характерны для сосен толще 18 см и елей толще 36 см., имеющих корку толще 10-11 см. Деревья с толщиной корки 5-10 мм получают ожоги обычно только с одной - подветренной – стороны ствола, а на склонах со стороны ствола, обращенной к склону [17, 31, 33].

При **низовых пожарах высокой интенсивности** деревья, имеющие корку толще 10 мм могут получать ожоги луба и камбия, но лишь с подветренной стороны ствола, где температура поверхности коры бывает на 250–300°C выше, чем с наветренной стороны

На месте ожога на стволе (если ожог не кольцевой) кора через некоторое время отваливается и образуется так называемая «пожарная подсушина» [31].

При осмотре места пожара на этот признак термических поражений (ожоги луба и камбия) стоит обращать внимание – его наличие или отсутствие на примерно одинаковых объектах в различных зонах пожара, безусловно, характеризует различие в режимах горения, а также указывает на направление ветра и, соответственно, направленность распространения горения.

Еще одним признаком термических повреждений нижней части стволов при низовых пожарах является **закопченность стволов (нагар)**, который иногда может сочетаться с обгоранием стволов, в частности, при их засмоленности.

В литературе отмечается также, что протяженные кольцевые ожоги, до 2 м по высоте, деревья могут получать в случае длительного тления на пожарище старого гниющего валежника, если запас его значителен (более 100 м³/га). В этом случае под пологом леса создается зона высокой тепловой радиации, которая прогревает даже толстую, более 3 см, кору, луб и камбий до летальной температуры (60°C). При этом каких-либо видимых следов воздействия огня и дыма (нагара) на коре поврежденных деревьев не остается [31].

При сильных низовых пожарах на пожарищах обычно наблюдается пожелтение хвои и листвы на деревьях в течение недели после пожара. Это следствие ожога крон горячими газами конвективных потоков, поднимающихся над кромкой пожара. Иных следов воздействия повышенной температуры на хвое и листве не остается. Зато в нижней части стволов следы воздействия огня в виде нагара имеются почти всегда и остаются надолго.

На свежих и одно-двухлетних пожарищах и горельниках после низовых пожаров деревья с полностью или частично пожелтевшими кронами – это деревья, получившие ожог крон. Деревья с кольцевыми ожогами луба и камбия на стволах и корневых лапах в это время еще имеют зеленую хвою и листву. Постепенно усыхать они начинают позже, через 2–3 года.

Как уже отмечалось выше, *зона распространяющегося лесного пожара обычно имеет следующие элементы:*

- *фронт* – сторону преимущественного (наиболее быстрого) распространения пожара;
- *фланги* – боковые стороны по отношению фронта;
- *тыл* – сторона, противоположная фронту.

Иногда употребляют термины, показанные на рис. 16.4:

- «Головной фронт» (вместо «фронт»);
- «Боковой фронт» (вместо «фланг»);
- «Тыльный фронт» (вместо «тыл»).

Эти стороны отмечают на планах и схемах, иллюстрируя распространение пожара.

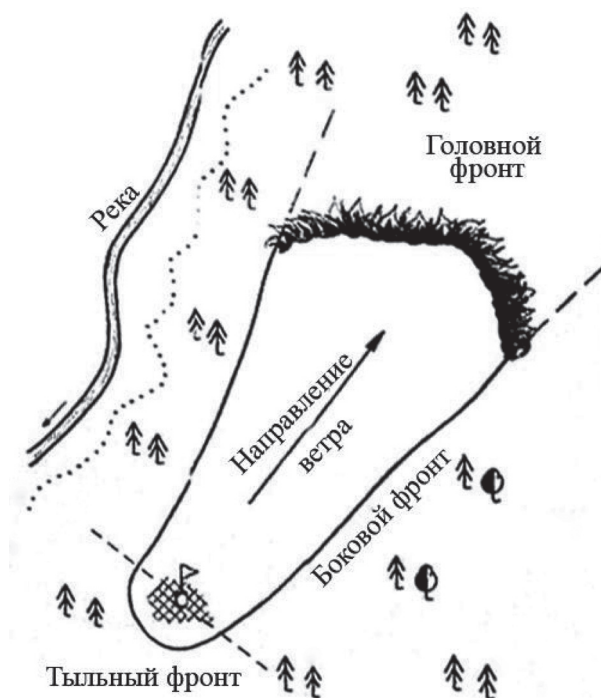


Рис. 16.4. Схема распространения лесного пожара

Территория, пройденная пожаром, тоже неоднородна. Так, при развитии низового растительного пожара обычно выделяют несколько следующих одна за другой зон:

- *внешняя полоса* – *кромка*, где происходит основное горение, обычно пламенное (фронт пожара);
- *сплошная зона тления* различной ширины;
- *собственно пожарище* – пройденная огнём площадь, на которой имеются отдельные очаги горения (вылежины, муравьиные кучи, дуплистые деревья и др.) [31].

На самой кромке (во фронте) пожара сгорает только та часть слоя мохово-лишайникового покрова или опада, которая в момент пожара имеет влагосодержание меньше критической величины (25%). В пламени этого основного горючего материала сгорают также кустарнички и травы. Успевают сгорать опавшие сухие сучья и ветви диаметром до 20-25 мм [34]. При интенсивном горении может сгорать хвоя и листва на кустарниках и подросте [31].

Силу (интенсивность) низового пожара принято определять по средней высоте пламени на кромке пожара [6, 31]:

- до 0,5 м – слабый пожар;
- 0,5-1,5 м – средней силы;
- более 1,5 м – сильный пожар.

Среднюю высоту пламени определяют по высоте нагара (закопченности) на стволах деревьев – как это делается, см. ниже, подраздел «определение параметров пожара».

16.5. Установление очага пожара

Как известно, установление очага пожара является принципиально важным этапом на пути к установлению причины пожара. Но при лесных пожарах, часто происходящих на огромных площадях, поиск очага пожара превращается обычно в сложнейшую задачу. Иногда она решается с точностью до нескольких гектаров или квадратных километров и уже это является большим достижением. Тематика данной книги не предусматривает рассмотрение методологии установления очага пожара. Но для лесных пожаров мы сделаем исключение, поскольку рассмотренные выше

особенности возникновения и развития горения в лесах могут пригодиться как при установлении причины пожара, так и места его возникновения.

Определение очага пожара обычно осуществляется путем осмотра места пожара на предмет выявления очаговых признаков и признаков направленности распространения горения.

При выявлении очага природного пожара и путей его развития, кроме обычных признаков очага и направленности распространения горения, обязательно надо учитывать метеоусловия (направление ветра, температуру), время года, характер растительности на отдельных участках места пожара, а также иные, перечисленные выше факторы, влияющие на развитие природного пожара.

Выше отмечалось, что возможность возникновения низового лесного пожара в насаждении после зимнего периода проявляется постепенно. По мере высыхания горючих материалов первоначально появляется возможность загорания мхов и лишайников с опадом. При большом количестве трав и кустарничков, хотя отдельные участки лишайников и мхов с опадом сгорают, распространения горения по напочвенному покрову не происходит. Поэтому по весне и первой половине лета в средней и северной полосе страны, пока почва и растительный покров просыхают, появляется обильная зеленая трава, маловероятно возникновение пожара на торфяниках, в низинах, других относительно влажных местах. Даже если там будет оставлен относительно мощный источник зажигания (непотушенный костер), горение из него не распространится далее. На быстрее просыхающих открытых участках первоначальное возникновение горения и развитие его из очага в этой ситуации более реально, нежели под пологом деревьев. Данную ситуацию мы наблюдаем при так называемых весенних палах.

Таким образом, если пожар произошел весной или ранним летом, очаг его вряд ли будет расположен на низинных увлажненных участках, торфяниках, участках, лишенных покрытия лишайников и мхов с опадом, заросших молодой и пышной травой. Учет данного обстоятельства может оказаться, полезен при решении вопроса об очаге лесного пожара.

Обычно выделяют следующие основные тенденции распространения пожара, которые необходимо учитывать при определении его очага [35]:

1) На ровной поверхности при равномерном распределении горючих материалов и при отсутствии ветра горение будет распространяться от центра (очага) во всех направлениях, но его распространение будет замедляться тягой, образованной горением, направленной к центру со всех направлений. Такой пожар распространяется с относительно медленной скоростью. Очаг пожара следует искать в центре пожарища.

2) Основным фактором, искажающим идеальную картину по п.1, является ветер.

Фронт пожара распространяется обычно по направлению ветра (рис.16.5).

При перемене ветра фронтом может стать фланговая, и даже тыловая сторона кромки пожара [6, 15].

Случается, что фронт пожара достигает преграды и тогда пожар начинает распространяться против ветра и в стороны [6].

3) При сильном ветре зона горения будет иметь длинную, вытянутую форму

4) В холмистой (гористой) местности, при отсутствии сильного ветра пожар будет распространяться *веерообразно вверх по склону*.

Хотя некоторые участки пожара могут спуститься по склону ниже очага пожара, в основном пожар будет распространяться вверх по склону

5) При очень сильном ветре, дующем вниз по склону, горение может распространяться вниз при условии, что ветер сможет преодолеть тенденцию фронта пламени распространяться вверх.

Таким образом, если есть возможность оценить (осмотром, аэрофото – видеосъемкой, по снимкам из космоса) форму лесного пространства с признаками горения, то очаг пожара (при неизменном господствующем направлении ветра) следует предполагать в ***вершине макроконуса выгоревшей территории***.

Естественно, учитывая факторы, осложняющие решение задачи (если таковые имели место) – изменения направлений ветра, различия в характере растительности на различных участках зоны горения, комплексное воздействие погодных условий, рельеф местности, действия по тушению и др.

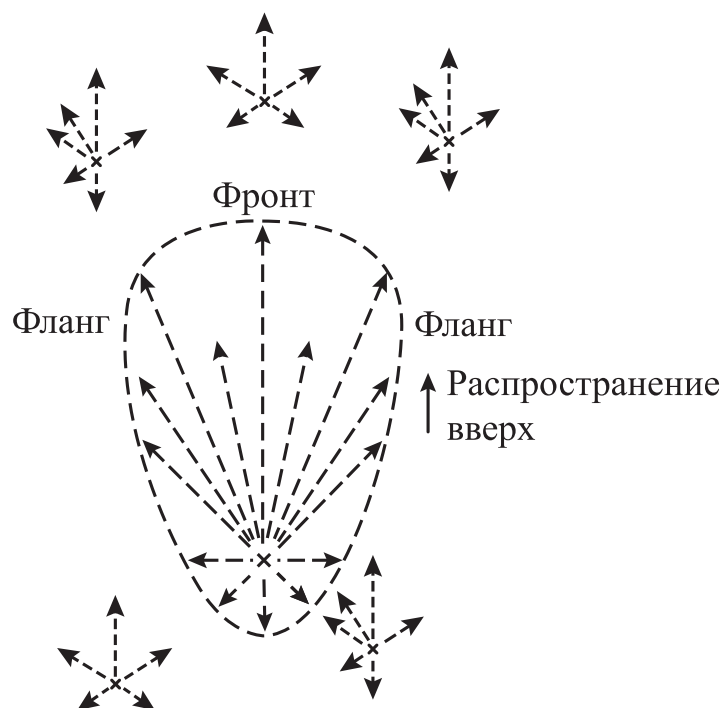


Рис. 16.5. Распространение пожара при равномерном распределении ветра на склоне умеренной крутизны без преобладающего ветра [35]

Специфические признаки направленности распространения горения

При природных (лесных) пожарах существуют определенные признаки, по которым можно определить направленность распространения горения в ходе осмотра сгоревшей территории. Приведем основные из них, указанные в работе Дж. ДеХаана [35]:

1. Обугливание ствола дерева, веток происходит сильнее (глубже) со стороны, обращенной к очагу. Глубину обугливания можно измерить методом пенетрации с помощью штангенциркуля – глубиномера или иным подходящим острым предметом. Это сравнительный признак, так что абсолютная глубина не имеет большого значения (рис. 16.6);
2. Повреждения (обгорание) кустарника или дерева будут более обширными со стороны, обращенной к очагу (рис. 16.7);
3. Эффект «скашивания (среза)» влияет на внешний вид растений при быстро развившемся пожаре. Сучья и ветви, обращенные к очагу, могут иметь плоские или закругленные концы, а сучья с другой стороны будут иметь коническую или заостренную форму (рис. 16.8);
4. Быстро распространяющееся горение создает тягу вокруг крупных объектов, поэтому следы горения на стволах деревьев, столбах и стеблях растений расположены под углом (рис. 16.9).

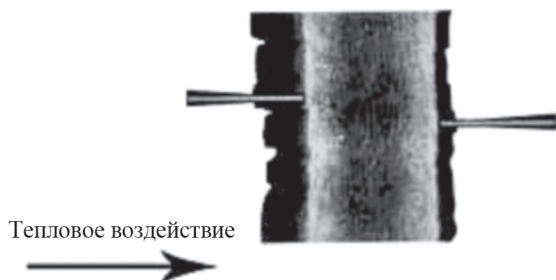


Рис. 16.6. Глубина обугливания больше (при однородном горючем материале) со стороны, обращенной к очагу [35]

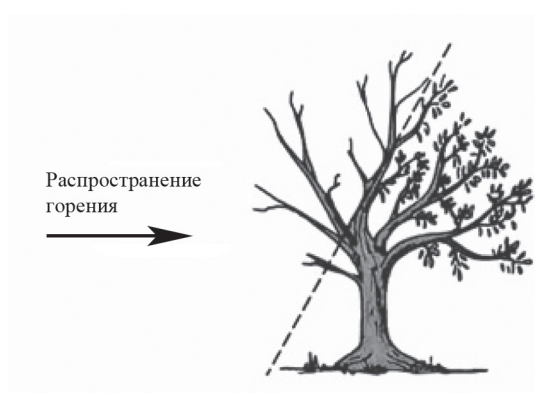


Рис. 16.7. Частичное выгорание деревьев и кустарников может указывать на распространение огня. Места, обращенные к наступающему пожару, обгорают больше [35]

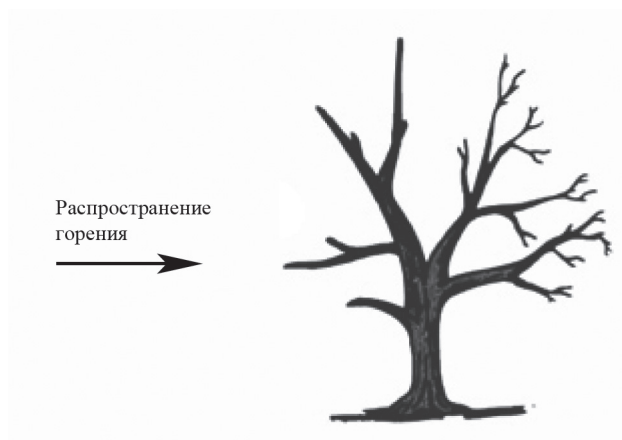


Рис. 16.8. «Скашивающий» эффект горения притупляет концы веток, обращенных к пожару и сужает (заостряет) те, которые находятся с другой стороны [35]

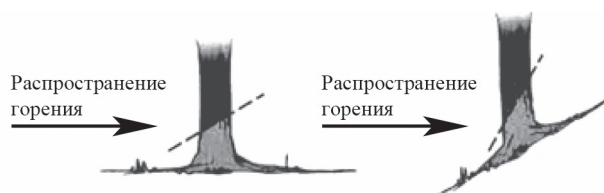


Рис. 16.9. При быстро распространяющемся пожаре след от горения на дереве будет начинаться ниже на стволе со стороны, обращенной к наступающему пожару, даже на склоне [35]

5. При медленно распространяющемся горении, особенно, когда оно происходит против ветра или вниз по склону, остаются следы горения, приблизительно параллельные земле. Необходимо иметь в виду, что на образование подобных следов влияет наличие сосредоточения пожарной нагрузки (иголки, листья, мусор, листва у оснований деревьев) (рис. 16.10).
6. Если произошло обгорание вертикального ствола, оставшийся пенек будет скошен или будет иметь выемку со стороны, обращенной к очагу пожара (рис. 16.11). Подобная картина наблюдается при обгорании стеблей травянистых растений. Если слегка провести тыльной стороной ладони по таким верхушкам, кожа будет гладко скользить по скошенным верхушкам в направлении распространения горения, но будет упираться в острые концы при движении в противоположном направлении.

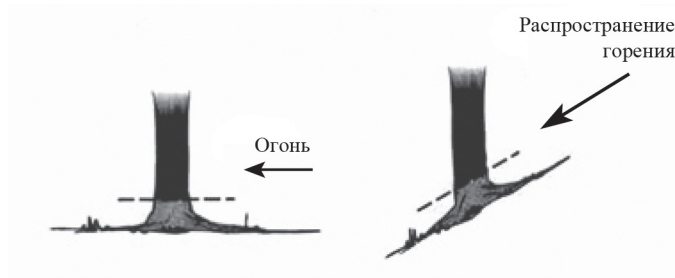


Рис.16.10. При медленно распространяющемся пожаре след горения будет приблизительно параллелен земле [35]

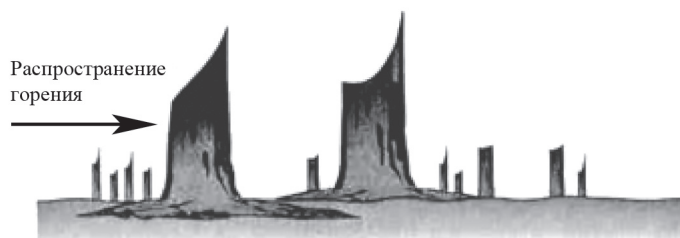


Рис. 16.11. Скашивание или вырезание на вертикальных стволах или пнях будет направлено в обратную сторону от места очага горения [35]

7. Камни и другие негорючие материалы сильнее изменяют свой внешний вид со стороны, обращенной к очагу. С противоположной стороны могут сохраниться лишайники, мох и трава.
8. Камни, валы и большие объекты могут быть барьером для распространения пламени. С подветренной стороны у подобного объекта может не быть термических поражений или они будут слабее. В других случаях подветренная сторона может обгореть позднее при изменении направления распространения горения (рис. 16.12).
9. Высокие травянистые растения при медленно распространяющемся пожаре будут срезаны фронтом пламени, движущимся вдоль земли. Если стебли вертикальные, то они будут падать таким образом, что верхушки стеблей будут обращены к очагу пожара (рис. 16.13).

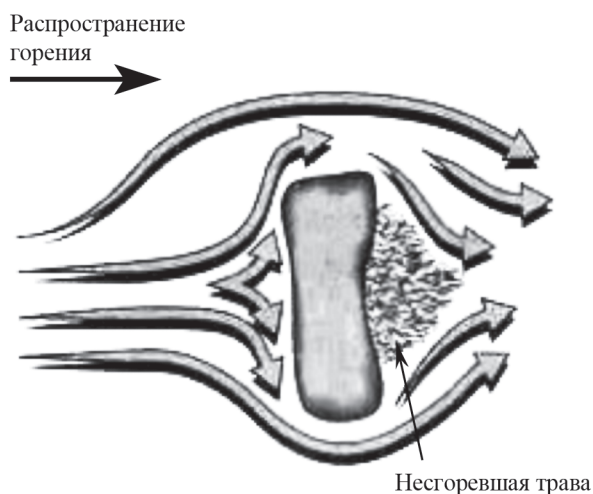


Рис. 16.12. Поток быстро распространяющегося пожара вокруг препятствия оставляет неповрежденной растительность с подветренной стороны препятствия [35]

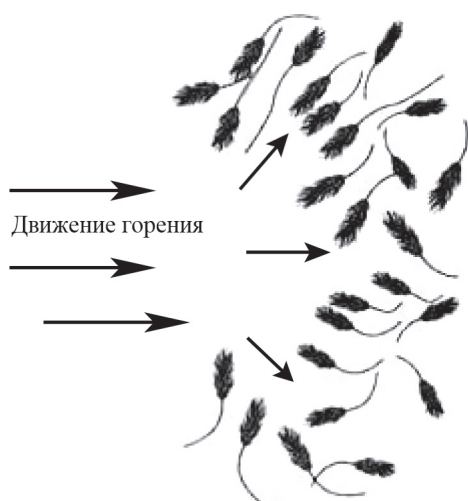


Рис. 16.13. Высокие стебли травы в основном направлены к очагу пожара при отсутствии сильного преобладающего ветра [35]

10. В непосредственной близости от очага горение редко распространяется исключительно в определенном направлении, здесь следы могут указывать на круговое распространение.
11. Распространение пожара через преграду, например, дорогу или реку, ведет к появлению новых очагов горения. Это происходит за счет т переносимых по воздуху угольков или иных горящих частиц. Так впереди фронта пожара создаются дополнительные очаги горения, способствующие дальнейшему распространению пожара (рис. 16.14). В англоязычной литературе их называют «spot fires» («раздельными пожарами»), у нас – вторичными очагами и «пятнистым распространением пожара» (см. ниже, раздел 16.8).

Крупные лесные пожары, как правило, легко преодолевают различные преграды и препятствия (минерализованные полосы, противопожарные разрывы, дороги, небольшие реки) [12].

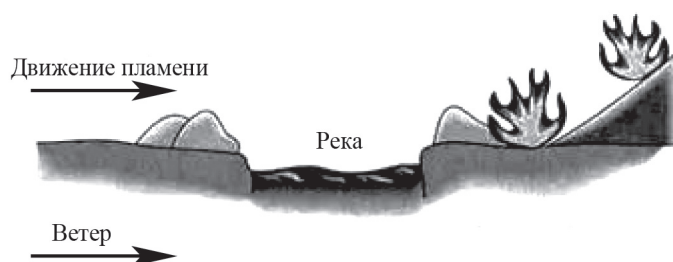


Рис. 16.14. Распространение пожара через преграду (реку)[35]

В заключение обзора указанных выше признаков Дж. ДеХаан пишет: «После окончания осмотра интересующего района, регистрации и нанесения на схему следов горения, следует сделать перерыв и произвести оценку того, что было обнаружено. На что указывают следы? Как рельеф местности и горючая нагрузка могли повлиять на образование подобных следов? Возможно ли наличие нескольких очагов пожара, которые могли перерасти в один пожар? На какую область очага указывают выявленные следы? Такая оценка может помочь выявить противоречия между найденными признаками. Разрешение этих противоречий позволит избежать трудоемкого исследования нескольких районов. На начальной стадии в зависимости от ветра, топлива и условий местности пожар очень часто развивается хаотично в различных направлениях, что приводит к образованию противоречивых следов [35].

Всё вышесказанное – справедливо. К сожалению, в реальных ситуациях имеется дополнительный ряд факторов, усложняющих выявление и фиксацию перечисленных выше криминалистически значимых признаков – это, как правило, большие площади российских природных пожаров, захламленность лесных территорий, мешающая формированию и сохранению признаков направленности распространения горения и т.д. Что, впрочем, не отменяет обязанность эксперта попытаться выявить эти признаки, зафиксировать и объяснить.

Дополнительная информация

Показания свидетелей

В случае пожаров на больших площадях детальный осмотр места пожара, выявление и оценка признаков направленности распространения горения может представить непосильную даже для группы специалистов (экспертов) задачу. Поэтому так важны в данном случае **показания свидетелей** (туристы, местные жители и др.), которые наблюдали развитие горения на начальной стадии или близко к таковой. Подобные показания позволяют сузить круг (территорию) поисков очага пожара. Все последующие действия по осмотру места пожара можно будет ограничить тем районом, на который указали свидетели, независимо от масштабов охваченной огнем территории.

В рекомендациях «начать с показаний свидетелей» мы несколько отходим от общепринятых методологических принципов СПТЭ, которые требуют сначала решать вопрос об очаге пожара на основе *объективной* информации (оценки термических поражений материалов и конструкций, выявления физических признаков очага пожара и направленности распространения горения), а лишь затем привлекать для подтверждения (или опровержения) сделанных предварительных выводов *субъективную* информацию, в качестве которой рассматриваются показания свидетелей. Но обратим внимание – «отход от принципов» касается только крупных пожаров, на которых нет физической возможности осмотра всей территории пожара в десятки и сотни тысяч гектаров. И это должно быть особо отмечено в заключении эксперта.

Необходимо также опросить лесников, пожарных, прибывших первыми на место происшествия, о погодных условиях, направлении и силе ветра, степени развития горения на момент прибытия. Прибывшие первыми пожарные расчеты могут указать и на территорию, откуда происходило развитие горения на момент их прибытия.

Аэрокосмическая съемка

Для установления очага пожара могут быть использованы данные фото- и видеосъемки в видимом и инфракрасном диапазоне с самолетов и вертолетов. С помощью сделанных через определенное время снимков и записей можно определить траекторию распространения пожара. Снимки, сделанные с искусственных спутников земли могут показать движение потоков дыма и тепловые изображения горящей территории. Эти изображения вместе с топографическими и метеокартами района могут позволить проследить развитие горения, начиная от очага и раскрыть механизмы распространения горения. Дж. ДеХаан приводит пример того, как в США в 1991 году при пожаре в Окленд Хиллз фотоснимки в инфракрасном свете, сделанные с самолета C130, и изображения, сделанные с искусственного спутника Земли, позволили провести быструю оценку направленности развития пожара (несмотря на туман, дым и темноту) и причиненных повреждений.

Доступные для гражданских нужд отечественные и зарубежные искусственные спутники Земли оснащены многоспектральными сканерами высокой разрешающей способности, которые позволяют в течение суток неоднократно наблюдать всю лесопокрытую территорию страны [83]. Есть возможность получать не только видимое изображение земной поверхности, но и «полей» температур с точностью до 0,12°C и с разрешением на местности 1x1 км [84].

Американская метеорологическая система NOAA включает 2 спутника с полярной орбитой, что позволяет осматривать одну и ту же территорию 4-6 раз в сутки. Прием информации со спутников NOAA осуществляется с помощью станций приёма цифровой спутниковой информации, которые установлены в нескольких региональных управлениях Гидрометслужбы Европейской части России, Сибири и Дальнего Востока [82.]. Там она, вероятно, может быть запрошена следствием и приобщена к материалам дела.

Еще одна возможность получения такой информации – обращение в «Научный центр оперативного мониторинга Земли» (НЦ ОМЗ). Это структура входит в состав Российского космического агентства и располагает обширной базой данных, в которой хранятся космические снимки, полученные с отечественных и зарубежных космических аппаратов. Одним из таких аппаратов является отечественный спутник «Метеор М» №1, выведенный в космос в 2009 году; на нем установлена специальная съемочная система, разработанная институтом космических исследований РАН.

Сведения о НЦ ОМЗ и представляемой им информации содержится на сайте: www.ntsomz.ru.

На рис. 16.15 приведен один из таких снимков.

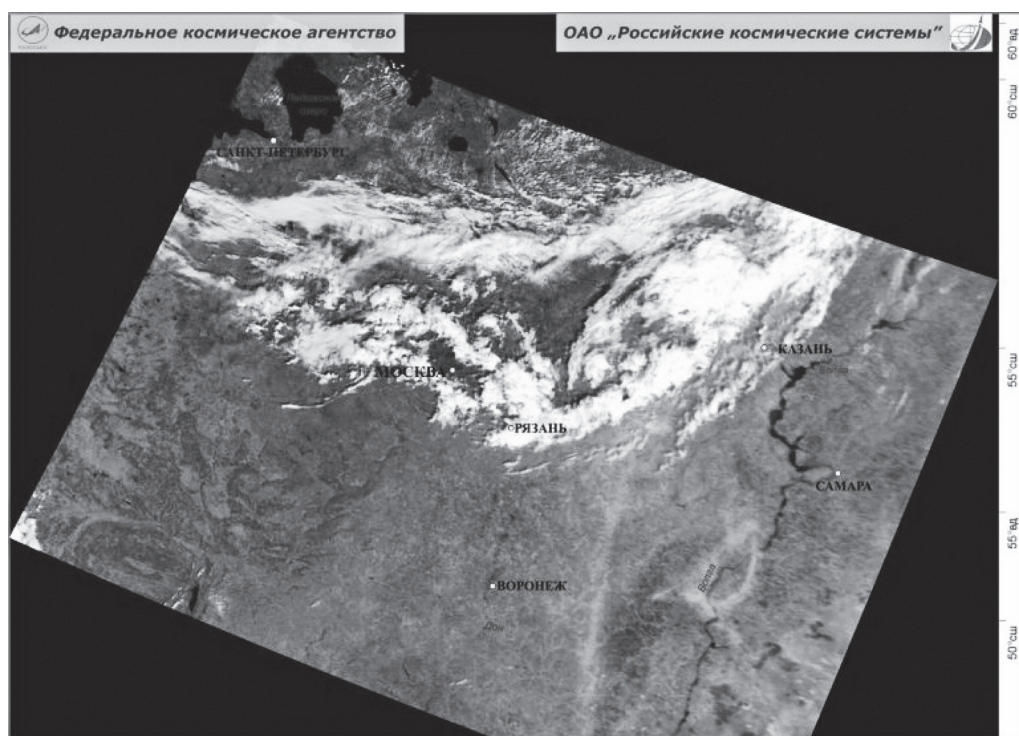


Рис. 16.15. Зона лесного пожара (снимок из космоса)

В настоящее время в ряде регионов, сибирских, в частности, у пожарно-технических экспертов появились дополнительные возможности получения и использования космической информации – Главные управления МЧС по субъектам Федерации стали получать (и предоставлять по запросу) информацию о так называемых «термических точках» – зонах земной поверхности, где температура превышает фоновую.

В заключении эксперта Кощеева М.А. [88] приводится пример того, как данная информация, в совокупности с прочей, позволила установить очаг пожара. Автором в ходе производства экспертизы были запрошены и получены в ГУ «ЦУКС МЧС России по Омской области» данные космического мониторинга, из которых следовало, что на день пожара на рассматриваемой территории была зафиксирована одна «термическая точка» с координатами широты и долготы, указанными с точностью до минут и секунд. «..При наложении координат на электронную карту было установлено, что данный участок местности расположен западнее моста через реку К., на южном берегу вытянут по длине с запада на восток примерно на 1,5 км. Других точек локального повышения температуры окружающей среды в указанный период не зафиксировано. Таким образом, данный участок можно считать местом первоначального горения, а именно очагом пожара».

16.6. Разлёт горящих частиц. Пятнистые загорания

Сильные конвективные потоки, возникающие при крупном лесном пожаре, приводят к интенсивному разносу горящих частиц древесины и образованию множественных вторичных очагов горения. Если ветер имеет устойчивое направление, то частицы летят и падают впереди фронта пламени. Возникает так называемое «пятнистое распространение» пожара» («пятнистые пожары»).

При определенных условиях такие загорания возникают на значительных расстояниях от кромки основного пожара, и это обстоятельство в большой степени влияет на скорость распространения пожара.

Кроме того, разнос горящих частиц может создавать изолированные очаги горения, которые при исследовании места пожара могут быть ошибочно приняты за самостоятельные очаги пожара. Со всеми негативными последствиями такой ошибки, возникающими при решении вопроса о причине пожара.

Считается, что подобные вторичные очаги перед фронтом пожара образуются при пожарах, конвекционные потоки которых наклонны. В этом случае частицы, увлекаемые вверх конвективным потоком, перемещаются одновременно и в горизонтальной плоскости (рис. 16.16).



Рис. 16.16. Схема переноса горящих частиц конвективными потоками [12]

- 1 – траектория полёта горящей частицы;
2 – загорание в месте падения горящей частицы

Конвективным потоком пожара увлекаются частицы горючего, которые падают с горящих, преимущественно сухостойных, деревьев и представляют собой кусочки коры, веточек и подгнившей древесины самой различной формы.

Радиус разлета существенно зависит от высоты первоначального заброса частиц конвективным потоком. Поэтому, чем интенсивнее горение и на большую высоту поднимается конвективный поток, тем дальше разлетаются горящие частицы.

Горение в условиях полёта, как правило, происходит в беспламенном (тлеющем) режиме.

Наиболее опасны частицы, которые не гаснут при максимальной скорости проскальзывания в воздушном потоке и, находясь в условиях свободного полета в конвективном потоке, горят наиболее продолжительно. Экспериментально показано, что наиболее длительно горят частицы цилиндрической формы. Горение их в полете происходит в режиме тления. Зависимость времени горения «деревянных цилиндров» от их первоначального диаметра может быть выражена эмпирическим уравнением [12]:

$$T(d) = 1,8 \cdot d^{2,2}, \quad (16.1)$$

где:

$T(d)$ – время горения, с;

d – диаметр цилиндра, мм.

С увеличением начального диаметра цилиндров от 5 до 12 мм продолжительность их горения увеличивается от 1 мин до 7 мин.

Наиболее опасны цилиндрические кусочки сосновой древесины, затронутые гниением.

Скорость газового потока, необходимая для подъема таких частиц, с увеличением диаметра цилиндров от 5 до 12 мм возрастает от 4,4 до 6,7 м/с соответственно [12].

Сведения о скоростях и температурах газового потока над лесным пожаром, которые могли бы характеризовать возможность переноса горящих частиц, весьма отрывочны.

Э.Н. Валендик с соавторами [12] приводит данные Байрама [36] о скоростях конвекционного потока над пожаром, которые могут достигать 35 м/с. Тейлор [37] при двухкратном пролете через конвекционный поток кустарникового пожара на высоте 900 м зарегистрировал скорости 13 и 15 м/с. В работе Фаура [38] говорится, что при пожарах большой силы создавались воздушные потоки, способные перевернуть самолет.

Тарифа [39] по результатам экспериментальных исследований сделан вывод о том, что частицы горючего, переносимые ветром, перемещаются по горизонтали со скоростью ветра, причем время, за которое они достигают этой скорости, настолько мало, что при практических расчетах им можно пренебречь [12].

Таким образом, для того, чтобы определить, на какое расстояние от фронта пожара могут быть перенесены частицы горючего, необходимо знать скорость ветра и время падения частицы на землю. В [12] приводится алгоритм расчета времени падения. В соответствии с этим расчетом, для падения горячей цилиндрической частицы диаметром 5 мм при скорости конвекции на высоте древостоя 5,5 м/с, с высоты 50 м требуется 40 с. Расстояние же переноса горячей частицы по горизонтали ветром будет равно произведению времени ее падения на среднюю скорость ветра в промежутке высот от точки падения до высоты древостоя [12].

Приведенные выше данные могут быть использованы, при необходимости, для расчета дальности разлета горящих частиц.

Необходимо отметить, что, кроме [12] имеется множество других публикаций и математических моделей, посвященных разлету горящих частиц при лесном пожаре и анализу возможности загорания.

Модель переноса горящих растительных частиц конвекционной колонкой и ветром приводится, например, в [80].

В работах [12, 81] рассматривается вероятность зажигания поверхностных элементов лесного напочвенного покрова тлеющими частицами и даются количественные методы ее оценки.

В работе [40] приводятся численные решения, позволяющие оценить радиус разлета искр тлеющей древесины, занесенных на высоту восходящими конвективными потоками пожара. Показано, в частности, что тлеющая частица древесного угля с начальным размером 5 мм за несколько секунд падения выходит на квазистационарный режим с температурой 870°C. Далее, сохраняя зажигательную способность, она будет падать около 35 с вплоть до достижения размера в 1 мм. При этом вниз она сместится на 150 м. При скорости ветра 6 м/с ее снесет на расстояние около 200 м. Аналогичная химически инертная частица, в соответствии с расчетом по методике ГОСТ 12.1.004-85 [86], охладится до безопасной температуры за примерно 1 с.

Приведенный выше пример лишней раз подтверждает некорректность расчёта радиуса (расстояния) разлета горящих частиц в соответствии с ГОСТ [86] в данном случае. Энергетический баланс горящих лесных частиц и химически инертных искр, рассматриваемых в [86], существенно отличается, хотя кинематические законы движения горящих и негорящих искр близки друг к другу. Горение в режиме тления существенно увеличивает время существования искры в качестве потенциального источника зажигания [40].

Впрочем, во многих случаях можно обойтись и без расчётов, ограничившись качественной, а не количественной, оценкой ситуации на основе приводимых в литературе данных. Так, в частности, в [12] указывается, что пятнистые загорания в результате разноса горящих частиц возможны, когда интенсивность горения на кромке фронта пожара близка к 40 тыс. ккал/ м·мин и выше. **Наибольшее удаление загораний при условиях, наиболее характерных для пятнистых пожаров, редко превышает 300 м; наиболее характерное удаление равно 100–200 м** [12].

Число загораний резко возрастает по мере приближения к фронту пожара. На дальнейшей трети максимального расстояния от фронта (кромки) пожара эти загорания единичны, на второй трети их обычно до десятка, а на первой трети они носят массовый [12].

Пятнистое распространение, естественно, происходит и *при верховых пожарах*. По Курбатскому Н.П. [6], оно свойственно любому беглому верховому пожару, возникающему при сильном ветре.

На опасность разлета горящих углей при высокоинтенсивных лесных пожарах ученые указывали давно – А. Левиз (1833 г.), И.С. Мелехов (1933 г., 1936 г.), В.Г. Нестеров (1939 г.).

М.Е. Ткаченко (1939 г.) писал, что при верховых пожарах иногда возникают огромные конвекционные потоки горячего воздуха, переносящие при усилении ветра зажженные куски коры, шишки, кусочки древесины на расстояния до нескольких километров [12].

Считается, что при скорости ветра 15-20 м/с переброс искр и горящих головней становится основным фактором движения фронта пожара. Их может перебрасывать через заградительные полосы с образованием в считанные минуты сотен горящих очагов. Противопожарные разрывы шириной 30-50 м и даже более не являются преградой для верховых пожаров [12].

В четвертой главе книги 1 мы отмечали, что расстояния, на которые при горении костров, отдельных строений и т.п. объектов происходит разлет горящих частиц и возникают вторичные очаги горения, могут достигать по различным оценкам от 9-12 до 40-50 м. Как видим, при интенсивных лесных пожарах эта цифра возрастает в несколько раз.

16.7. Динамика распространения природного пожара

Вопрос о скорости распространения лесного (или шире – природного) пожара может ставиться отдельно от других вопросов или, по сути, являться необходимой частью исследования по установлению очага пожара, распространения пожара во времени и в пространстве и даже его причины.

Конечно, речь в данном случае может идти лишь о примерной оценке *средней скорости*. Поскольку эта скорость, как видно из приведенных выше данных, зависит от массы факторов, среди которых характер РГМ, рельеф местности, скорость ветра, даже время суток и др.

В [12] приводится описание ряда крупных пожаров, в том числе Шуйско-Сурокского пожара (Марийская респ., 1972). *Фронт пожара состоял из отдельных участков, протяженность которых была от сотен метров до нескольких километров. Линия фронта была чрезвычайно извилистой из-за неравномерной скорости продвижения горения. На некоторых участках, как например, в хвойных молодняках или сосняках лишайниковых, скорость продвижения достигала нескольких метров в минуту. Когда же пожар достигал поймы реки или болота, скорость его снижалась до дециметров в минуту.*

Из-за чрезвычайной сухости и температуры воздуха 20-29^oС, ни поймы, ни болота не останавливали движения пожара.

Тушению пожара сильно мешал порывистый ветер скоростью 16-18 м/с, который часто менял направление, в результате чего фланги становились фронтом и наоборот. Когда фронт на одном из участков вошел в молодняки, возник верховой пожар. Скорость продвижения огня резко возросла, она составила 16 м/с [12].

Только за период с 25 августа по 1 сентября сгорело 32 тыс. га леса, несколько сотен домов в поселках и на железнодорожных станциях [12].

Считается, что *скорость продвижения кромки низового пожара*, как правило, не превышает **7 м/мин** (400 м/час). В [12], со ссылкой на И.В. Овсянникова [41] приводится на основе статистических данных среднемаксимальная скорость для хвойных молодняков и сухих типов леса 4 м/мин днем и 2,5 м/мин ночью. В сырых типах леса скорость продвижения кромки снижается в 5–10 раз.

На открытых захламленных местах, например, на вырубках, при сильном ветре низовой пожар может продвигаться со скоростью до 14 м/мин. [12, 30].

В среднем, считается, что устойчивый низовой пожар продвигается со скоростью 1,1–3,0 м/мин, беглый низовой – 3-5 м/мин [7].

При скорости 3-4 м/мин лесной пожар может достичь крупных размеров (более 200 га) за 10-14 часов [12].

Обычно скорость распространения лесного пожара определяется указанной выше скоростью продвижения его кромки. Но на крупных пожарах, в случае пятнистой формы распространения горения, скорость самого пожара может намного превышать скорость распространения его кромки за счет возникновения перед фронтом новых очагов горения (см. выше – «пятнистые пожары»).

При сильном ветре скорость пятнистого пожара иногда достигает 1-2 км/час [12].

Валендик Э.Н. с соавторами указывают, что нередко в описаниях крупных пожаров упоминаются скорости в 10-15-20 км/час. Возможно, констатируют авторы, на некоторых участках фронта пожара в какие то отдельные моменты скорость и достигает подобных величин за счет пятнистого распространения при сильных порывах ветра или на крутых склонах. Но в среднем скорость даже у очень интенсивных пожаров бывает не более 3 км/час. Упоминается Бродфордский пожар в Австралии, который продвигался со скоростью 0,5 км/час, а также ряд пожаров в Центральной России, когда в период самых сильных ветров скорость распространения пожаров достигала 15–20 м/мин, а в некоторых случаях до 30 м/мин (1,8 км/час) [12].

Верховой пожар обычно распространяется не с постоянной скоростью, а *скачками*.

В литературе отмечается, что в период скачка горение распространяется по пологу со скоростью несколько меньшей скорости распространения горения в подготовленной горючей газозвушной смеси, т.е. около **3-5 м/с** (180-300 м/мин) и расстояние в 80 м пламя проходит за 15–25 с (15–20 км/час) [6, 42].

Бликие данные приводятся в [7] – указывается, что при беглом верховом пожаре огонь распространяется по кронам скачками со скоростью 250-330 м/мин на расстояние 70-90 м. После каждого такого скачка распространение огня по кронам прекращается на несколько минут до подхода кромки низового пожара. В результате средняя скорость продвижения фронта беглого верхового пожара может быть до 40 м/мин.

Среднюю же скорость продвижения лесного пожара характеризуют величиной 5-15 м/мин [7].

Очевидно, из этого значения скорости можно исходить и при проведении пожарно-технических экспертиз. Хотя для более точной характеристики динамики горения нужно всё же постараться учесть влияние описанных выше факторов – тип леса, рельеф местности, погодные условия и т.д.

Скорость распространения горения по слою торфа изменяется от десятых долей метра до нескольких метров в сутки. Н.П. Курбатский указывает, что в литературе иногда встречаются указания на скорость распространения «подземных пожаров» со скоростью до нескольких сотен и даже километров в сутки. Но правильнее будет это относить к скорости низового пожара, который за короткий срок охватывает большую площадь, а затем продолжается как почвенный, заглубляясь отдельными воронками в торф [6]. Данное мнение вполне справедливо, если вспомнить данные по скоростям тления, приведенные ранее, в книге 1. Там же читатель найдет, при необходимости, более подробные данные о механизме и динамике процесса тления вообще и торфа в частности.

Влияние рельефа местности на скорость распространение пожара уже рассматривалось выше. Указать конкретные цифры здесь достаточно сложно. По данным некоторых авторов [43], **скорость распространения пожара на склоне 15° удваивается по сравнению с горизонтальным участком**.

В целом же, нужно отметить, что в **горной местности** за отдельные короткие промежутки времени распространение пожара может идти намного быстрее, чем на равнине, а за более продолжительное время – значительно медленнее. Это различие объясняется большим количеством препятствий в горной местности и замедленным движением пожара вниз по склону.

В пересеченной холмистой местности, при коротких склонах, пожар в целом распространяется медленнее и более беспорядочно из-за усиления турбулентности, чем при длинных плавных склонах [12].

16.8. Определение параметров пожара

Осмотр места природного пожара позволяет определить ряд параметров, знание которых может представлять интерес для описания механизма и динамики развития горения. Специальных экспертных методик для этого, насколько известно авторам, не существует. Но ряд закономерностей, установленных в научных работах по пирологии, могут быть, по нашему мнению, для экспертных целей использованы.

1) Исходным параметром для определения динамики низового лесного пожара может быть **высота нагара** на стволах деревьев.

Высота нагара – термического повреждения (поверхностного обугливания) ствола деревьев – является одним из объективных признаков, свидетельствующих о силе прошедшего низового пожара и о высоте пламени. Г.А. Амосов [44] экспериментально установил, что зависимость между высотой пламени и высотой нагара на стволах может быть выражена (с коэффициентом корреляции 0,96) следующим уравнением:

$$y = 2,06 \cdot x - 1,42,$$

где:

y – высота нагара на стволах, дм;

x – высота пламени, дм [12].

Отсюда по средней высоте нагара на деревьях на отдельных участках пожарища, можно при проведении экспертизы рассчитать среднюю высоту пламени:

$$x = \frac{(y + 1,42)}{2,06}$$

2) От высоты пламени, в свою очередь, зависит **степень повреждения крон горячими газами**. По данным Г.А. Амосова, степень повреждения кроны в сосняках определяется (коэффициент корреляции 0,77) уравнением:

$$y = 1,46 \cdot x + 0,55,$$

где:

y – степень повреждения кроны (в десятых долях);

x – отношение высоты пламени к высоте до крон (при низовых пожарах x всегда меньше 1) [12].

3) По **высоте пламени** можно оценить **скорость продвижения кромки низового пожара**. В [12] указывается на зависимость этих двух параметров, отмечавшуюся ранее Г.П. Телициным [45] и приводится следующий численный ряд:

Таблица 16.6

Корреляция скорости распространения низового пожара и высоты пламени

Высота пламени, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Скорость распространения, м/мин	0,6	1,3	2,2	3,6	5,4	7,0

4) По высоте пламени можно с достаточной точностью определить и **интенсивность пожара**. Соответствующая зависимость приведена ниже [12]:

Таблица 16.7

Корреляция величин высоты пламени низового пожара и его интенсивности

Высота пламени, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Интенсивность пожара, тыс. ккал/м·мин	1	8	22	50	80	100

5) Численные значения интенсивности пожара могут понадобиться для проведения теплофизических расчетов, а также определения расстояний, на которые возможен разлет горящих частиц. В последнем случае необходимы **скорости конвекционных потоков** над зоной лесного пожара. В [12] приводится экспериментально полученные график и описывающая его эмпирическая формула зависимости скорости газового потока от интенсивности горения:

$$y = 1,30 \cdot X^{0,334}, \quad (16.2)$$

где:

y – скорость конвекции, м/с;

x – интенсивность горения, тыс. ккал/м·мин.

При увеличении интенсивности пожара от 2,7 до 100 тыс. ккал/м·мин скорость газового потока пожара возрастает от 1,8 до 6,1 м/с. При увеличении интенсивности пожара в 2 раза скорость конвекции повышается на 15-20%.

6) Наблюдения за **конвективными потоками** (непосредственно или по фото- и видеоматериалам, имеющимся в деле) позволяют оценить интенсивность горения, особенности его распространения (образование вторичных очагов за счет разноса горящих частиц), силу и направление ветра.

Низовые пожары слабой силы при слабом ветре могут формировать конвекционные колонки высотой 300-400 м. Однако активная конвекция над такими пожарами не превышает 200 м.

Пожары средней силы и сильные имеют хорошо развитую конвекционную колонку, простирающуюся до высоты нескольких тысяч метров. Такие колонки влияют на воздушные потоки на расстоянии до 400 м от них. Особенно высокая турбулентность воздушных потоков наблюдается в нескольких метрах от флангов и перед фронтом таких пожаров [12].

Пожары, где скорость выгорания может достигать нескольких килограммов в минуту с погонного метра кромки, формируют конвекционные колонки, достигающие высоты 1000-1500 м. Очень мощные колонки высотой в несколько тысяч метров формируются над пожарами при скорости выгорания до десятков килограммов. Американские специалисты называют эти пожары «трехмерными». К «двумерным» они относят пожары со скоростью выгорания менее 1 кг/мин с погонного метра кромки. Над фронтом такого пожара не образуется заметной конвекционной колонки, а лишь невысоко поднимаются пульсирующие клубы дыма.

Конечно, оценка интенсивности горения по высоте и внешнему виду конвекционной колонки весьма приближительна, высота подъема дыма зависит от состояния атмосферы. Однако, как считают ряд специалистов (Н.И. Вульфсон, Л.Н. Гутман [46], Пристли и Болл [47], Э.Н. Валендик с соавт. [12], на небольших высотах порядка 200-300 м термическое состояние атмосферы не оказывает ощутимого влияния на параметры конвекционных потоков.

В качестве примера приведем описания, сделанные в [12]:

«Наблюдения на слабых низовых пожарах площадью до 2 га показали, что над такими пожарами при ветре небольшой скорости могут образовываться колонки высотой 300-400 м. Но на высоте при увеличении скорости ветра до 3 м/с и более конвекционных колонок совсем не образуют.»

Наблюдения за развитием более крупного лесного пожара на площади до 200 га при скорости выгорания 5-10 кг/м², показали, что, когда скорость ветра над лесом не превышала 3 м/с, конвективная колонка над ним была вертикальна. При этом до высоты 200-300 м состояла из пульсирующих клубов дыма. Выше она имела вид вертикальной струи, а на высоте 1500-1800 м оканчивалась остроконечной шапкой. На вершине ее образовалось кучевое облако, которое в отличие от дыма имеет более четкие границы. С увеличением скорости ветра до 6-7 м/с колонка наклонялась под углом до 45° к горизонту, струйность потока исчезала, и она состояла из пульсирующих клубов дыма... Быстрое распространение пожара по территории в основном было связано с образованием очагов горения перед фронтом пожара в результате выпадения из колонки горящих частиц. Над новыми очагами горения возникали свои колонки. Последние при близком расположении (в пределах до 50 м) на высоте 50-100 м сливались в одну. При распространении пожара на площади около 20 га колонка достигала высоты 3200 м.»

16.9. Установление причины пожара

- Загорания, связанные с проявлением антропогенного фактора
- Загорания, связанные с проявлением природных факторов
- Загорания, связанные с проявлением техногенных факторов
- Торфяные пожары и пожары мусорных свалок

Лесные пожары возникают преимущественно в результате воздействия на горючие материалы какого-либо источника зажигания (оставленный костер, тлеющее табачное изделие, искры от транспортных и иных машин, удар молнии, нагрев в результате фокусировки солнечных лучей и некоторые др.). Загораются при этом чаще всего гнилая древесина, обнаженная подстилка, мертвые растительные остатки, лишайники и мхи [6]. Самовозгорание может происходить с отложениями торфа.

Задача установления конкретного источника зажигания при возникновении лесного пожара, как правило, чрезвычайно сложна и напоминает известные «поиски иголки в стоге сена». Но, бесспорно, что большинство пожаров так или иначе связаны с присутствием в лесу человека. Так, например, в Томской области местное население, по статистическим данным, причастно к 52,86% лесных пожаров, гроза – 37,71%, причины 7,7% пожаров не установлены [13].

В этом плане очень показательны данные, приводимые Н.П. Курбатским – на 5-километровую зону вокруг городов и посёлков европейского Севера и Сибири приходится до 60%, а на 10-километровую зону – 93% (!) от общего числа лесных пожаров [6].

Выведены даже математические зависимости числа лесных пожаров от расстояния до населенных пунктов – число пожаров с увеличением расстояния последовательно уменьшается согласно распределениям Рэля и Пуассона [48-50].

Давно известно также, что лесные пожары возникают преимущественно вблизи путей транспорта (дорог и рек).

Лесорекреационная активность населения определяется полом, возрастом, характером людей, что и отражается на структуре лиц – виновников пожаров. Считается, что по вине женщин возникает всего лишь 10% лесных пожаров, остальные – на совести мужчин [51].

При подобной статистике сложно говорить о природном происхождении большинства пожаров. Что, собственно, и подтверждается распределением пожаров в РФ по причинам (2002 год) [51]:

по вине лесозаготовителей	0,4
от сельхозпалов	4,6
от гроз	9,9
по вине местного населения	69,3
от сжигания порубочных остатков	0,2
по вине МПС	0,7
по неустановленным причинам	14,9

При экспертном исследовании лесного пожара целесообразно, по нашему мнению, как и в случае других объектов пожара, выдвигать и анализировать три группы версий (см. главу 1):

1. загорания, связанные с проявлением антропогенного фактора (присутствием человека и его активной ролью в возникновении пожара);
2. загорания, связанные с проявлением природных факторов;
3. загорания, связанные с проявлением техногенных факторов.

Загорания, связанные с проявлением антропогенного фактора (присутствием человека и его активной ролью в возникновении пожара)

Среди антропогенных источников загорания, являющихся причинами лесных пожаров, первое место занимают разведение костров (36%), в том числе, костры, оставленные без присмотра (7%). Затем следуют:

- выжигания сухой травы на сенокосах, пастбищах, полянах, в лесу – 25%;
- выжигание стерни и соломы на сельскохозяйственных полях – 11%;
- неосторожное курение – 7%;
- шалость детей – 6%;
- сжигание в кучах соломы, порубочных остатков, мусора – 4%;
- выжигание травы вдоль железных и автомобильных дорог – 2%;
- неисправность технических средств (искрение) – 2%;
- сжигание порубочных остатков сплошным палом – 1%;
- умышленные поджоги – 1%;
- прочие причины – 4% [52].

Не будем настаивать на абсолютном соответствии приведенной статистики реальной картине – сколь достоверно мы устанавливаем причины пожара – столь же достоверна статистика. Подозрительно мал, в частности, процент поджогов – даже в дореволюционной России умышленный поджог являлся причиной 6-8% от общего числа пожаров [51]. По крайней мере, приведенные данные должны ориентировать пожарно-технического эксперта на перечень возможных причин, которые может потребоваться проанализировать в конкретных обстоятельствах.

Кроме перечисленных, в литературе упоминают и другие источники зажигания, которые могут быть причастны к возникновению пожара. В частности, указывается, что причиной пожара в лесу или степи может быть применение огнестрельного оружия, из которого, при определенных условиях, могут вылетать искры горящего пороха и попадать на сухую растительность, а также трассирующие пули [35]. Упоминают и горящие бумажные пыжи при стрельбе из охотничьих ружей [51].

К группе непосредственных (технических) причин пожаров, связанных с проявлением антропогенного фактора, первую очередь следует отнести загорания под воздействием **источников открытого огня и тлеющих источников зажигания**.

Источники открытого огня

Источником открытого огня могут быть костры, факелы, используемые для освещения и др. Источники открытого огня (спички, зажигалки) могут быть использованы для искусственного инициирования горения (поджога).

В конце сороковых годов прошлого века под руководством академика И.С. Мелехова были проведены работы по изучению опасности загорания от горящих спичек в различных типах лесов в разные часы дня. Был сделан вывод о том, что способность к загоранию в большой степени зависит от типа леса [2, 12].

Дифференцировать в случае лесного пожара источники открытого огня и тлеющие источники удается далеко не всегда. В случае обычных пожаров причастность к возникновению пожара источника зажигания малой мощности (тлеющего табачного изделия и др.) устанавливается по характерной динамике развития пожара на начальной стадии, наличию среды и условий для развития самоподдерживающегося тления, исключением версий о более мощных источниках зажигания (см. главу 4 книги 1). В случае лесного пожара среда и условия присутствуют достаточно часто, динамику начальной стадии, если пожар происходит в относительно безлюдных местах, оценить, как правило, не удастся. Проблемно бывает и исключить более мощные источники зажигания, если очаг пожара определен не с точностью до нескольких метров. Тем не менее, эксперт должен попытаться проанализировать имеющуюся в его распоряжении информацию, чтобы, по возможности, сделать вывод

о предполагаемом источнике зажигания хотя бы в предположительной (вероятностной) форме. Бывает аномально жаркое, сухое лето и соответствующее состояние леса, когда любой брошенный окурочек имеет высокую вероятность инициировать горение. Но бывает и наоборот, когда в сыром холодном лесу и костер-то развести проблема. Тлеющий источник в этом случае можно смело исключать.

Косвенными признаками антропогенного характера пожара является их возникновение вблизи населенных пунктов, мест отдыха, сбора грибов и ягод, *В [77] приводится типичное распределение пожаров в Тимирязевском районе Томской области. Наибольшее количество пожаров там, как, в основном, и в других регионах страны, возникает в субботу, больше пожаров обнаруживают во второй половине дня (14–16 час), меньше – ночью и рано утром.*

Если исследуемый пожар по времени и месту возникновения соответствует указанной тенденции, это также можно и нужно отметить в экспертном заключении.

О применении источника открытого огня с очень высокой долей вероятности можно говорить в случае наличия **нескольких очагов пожара**. Как известно, это один из квалификационных признаков поджога (искусственного инициирования горения).

Не в компетенции эксперта оценивать наличие или отсутствие умысла (или неосторожности, а то и детской шалости) в действиях отдельных лиц, но в данном случае это и не нужно. Если выявлено (доказано) наличие нескольких, не связанных друг с другом, очагов пожара – эксперт обязан донести эту криминалистически важную информацию до следствия (суда) и имеет полное право в конечном счёте формулировать непосредственную причину пожара (механизм возникновения горения) как поджог. Ибо никакими физическими закономерностями не может объяснить иное происхождение этих нескольких очагов.

Возникновение горения от источника открытого огня с участием человека имеет место и при так называемых «**весенних палах**», когда выжигается старая сухая трава. Несмотря на протесты биологов, экологов и пожарных эта бессмысленная и варварская традиция до сих пор существует. Пожары, возникшие при весенних палах, сжиганиях мусора и т.п. в США относят к категории случайных, но инициированных искусственно, поскольку огонь был зажжен умышленно, но распространение его, приведшее к материальному ущербу, было случайным, непреднамеренным ([53]; см. также главу 1 книги 1).

Весенние палы

Выжигание полей и лугов, огневая очистка вырубков, а также охота в весенний период приводят к массовым пожарам не только в России, но и многих других странах. Так, например, в Японии (о. Хоккайдо) на май месяц приходится 63,9% от общего числа пожаров за год, в Германии (Бавария) около половины пожаров происходит в апреле–мае месяце. На Севере России сезон палов сдвигается в летние месяцы. Так, в Архангельской области 65,8% пожаров происходит в июне–июле [6].

Тлеющие источники зажигания

К тлеющим источникам зажигания относят брошенные в лесу тлеющие табачные изделия, а также тлеющие угли костров, тлеющие ЛГМ в местах, где эти костры жгли. Горение от этих источников может первоначально развиваться в режиме тления с последующим переходом в пламенное горение. Недотушенные костры могут раздуваться ветром с разносом горящих частиц на расстояния от десятков сантиметров до десятков метров.

Тлеющее табачное изделие – весьма распространенный источник зажигания, возможную причастность которого к возникновению природного пожара необходимо рассматривать во всех случаях, когда в лесу перед пожаром не исключено присутствие человека. Методические принципы анализа подобной версии подробно изложены в главе 4 книги 1.

Напомним, что одним из обязательных условий возникновения пожара по данной версии является наличие в контакте с окурочком вещества (материала), склонного к самоподдерживающемуся тлению. В случае лесного пожара это могут быть лесные материалы I и II групп ОПГ – мхи, лишайники, опад, подстилка, верхний торфяной слой почвы. Но они, как указывалось выше, способны к тлению только при определенной влажности, которая зависит от рассмотренных выше факторов.

В пирологии существуют *ориентировочные градации*, показывающие, показывающие, *какой ИЗ может вызвать загорание в конкретных случаях лесного пожара* [1, 54]:

1. При влагосодержании напочвенного покрова (т.е. основного проводника горения) 26-33% – только костер (опасность загорания от костра торфянистой подстилки существует и при более высоком ее влагосодержании);
2. При влагосодержании 19-25% – костер, спичка;
3. При влагосодержании 12-18% – костер, спичка, пепел из трубки;
4. При влагосодержании 7-11% – костер, спичка, пепел из трубки, окурки;
5. При влагосодержании 5-6% – то же, плюс искры от двигателей внутреннего сгорания.

Дж. ДеХаан указывает, что если содержание влаги в лесной растительности более 21%, маловероятно, что энергии сигареты будет достаточно для зажигания травы или кустарника [35].

Нелепо было бы предлагать эксперту для анализа данной версии искать в лесу окурки (хотя в некоторых изданиях это делается). Но вот «**критерий влажности**» может помочь в ряде случаев. Даже, если принять в качестве граничной цифры влажности, при которой возможно загорание от тлеющего табачного изделия, величину, называемую Дж. ДеХааном (21%) – это очень низкая влажность. Она невозможна не только в дождливую погоду или «мокрое» время года, но часто и в ночные и утренние часы. При большей влажности возможно развитие самоподдерживающегося тления только торфа, но это в массе торфа, при минимальных теплопотерях, а окурки, если он брошен случайно, падает всё-таки на поверхность торфяной подушки. Таким образом, учет погодных условий во многих случаях позволяет возможность загорания от тлеющих табачных изделий исключить, указав на иные возможные причины, связанные с более мощными источниками зажигания.

Поджоги

При расследовании любого природного пожара ни в коем случае нельзя исключать возможность поджога, как вероятной причины. Дж. ДеХаан указывает, что в США все растительные пожары считаются «подозрительными» (т.е. потенциальными поджогами), пока не будет выявлена случайная или естественная причина, вызвавшая загорание [35].

В дополнении к сведениям о поджогах, изложенным выше, в главе 14, остановимся на некоторых особенностях исследования поджогов в лесах, отмеченных указанным выше автором [35]:

При осмотре места пожара не должны быть упущены никакие очевидные признаки деятельности человека. Обычно даже после сильного пожара сохраняются банки, бутылки, отпечатки покрышек и обуви, оружие и механические зажигательные устройства.

Наличие нескольких очагов возгорания в большинстве случаев указывает на факт поджога, хотя в некоторых случаях, это вызвано случайными обстоятельствами. Примером этого является перегретый каталитический конвертор автомобиля, тлеющие остатки от которого разлетаются в разные стороны, или перегретый подшипник железнодорожного вагона, от которого отлетают кусочки раскаленного металла. Тлеющие частицы углерода от дизельных двигателей могут отлетать от движущегося источника на некоторые расстояния [35].

Так как на растительных пожарах обычно присутствует большое количество легкогорючих материалов, для инициирования горения редко используются жидкости, такие как бензин или керосин, хотя нельзя исключать подобную возможность. Необходимо тщательно исследовать участки между очагами, если их несколько, обратить внимание на присутствие необычных запахов.

Зажигательные устройства могут использоваться для зажигания на расстоянии для того, чтобы замедлить обнаружение и тушение пожара или для того, чтобы оттянуть момент зажигания. Наиболее часто используемое устройство для зажигания на расстоянии представляет собой связку спичек, прикрученную проволокой или веревкой к камню или металлическому предмету. Предварительно зажженное устройство забрасывается из окна автомобиля на значительное расстояние в кусты, растущие в овраге или другом труднодоступном месте. Для приведения в действие нескольких подобных устройств достаточно небольшого промежутка времени.

Также для поджога используется следующий способ, который не оставляет почти никаких следов: камни завертываются в куски бумаги, туалетной бумаги или ткань, бумагу и ткань поджигают и забрасывают в кусты.

При поджогах на растительных пожарах устройства сложной конструкции, которые срабатывают через некоторое время, применяются редко. Есть случаи, когда для поджога использовалось вогнутое зеркало для бритвы, чтобы произвести зажигание на расстоянии, причем иногда проходило больше года, прежде чем сфокусированные лучи попадали на топливо, и происходило его зажигание.

Самое распространенное устройство замедленного действия – это связка спичек или коробок спичек, которые прикрепляется к сигарете. При обнаружении подобного устройства, не следует его трогать, пока не будет проведена его регистрация и фотографирование.

В качестве устройств, не обеспечивающих задержку времени или дистанционного зажигания, используют спички, сигареты или ракеты для освещения дорог. После пожара в пепле могут находиться остатки спичек или сигарет, однако они легко могут быть уничтожены воздействием погодных условий или должностными лицами при осмотре места происшествия. Если для поджога использовались осветительные ракеты, то после пожара остается остаток, похожий на лепешку белого или пастельного цвета, с характерным внешним видом и химическим составом, а также остается деревянная рукоятка и пластмассовый колпачок. Рукоятка и колпачок часто сохраняются даже после крупных пожаров, а длину сигнального огня можно определить по длине рукоятки и количеству оставшегося вещества [35].

Загорания, связанные с проявлением природных факторов

К ним относятся удары молнии, самовозгорания торфяных отложений, загорания в результате фокусировки солнечных лучей.

О тепловом самовозгорании торфа – см. главу 12 книги 1. Мы остановимся на особенностях торфяных пожаров в заключительной части данной главы.

Грозовые разряды

В период с 1992 по 2000 г. в России на лесные пожары от гроз при относительном их количестве 8,8-17,5% приходилось от 37 до 53% пройденной огнём площади [55]. В Канаде лесные пожары от гроз составляют 35% всех зарегистрированных пожаров, при этом пройденная огнём площадь составляет 85% [56].

По данным Н.А. Коршунова (2002 г.), среднее количество наземных ударов молнии в Красноярском Приангарье составляет от 1,5 до 2,5 на 1 квадратный километр за сезон [1, 57].

Считается, что причиной возникновения лесных пожаров от гроз является низкая влажность воздуха, когда происходит сильное прогревание воздушных масс и возникают восходящие потоки, способствующие формированию грозных облаков [58, 59].

Как отмечалось в книге 1, разряды атмосферного электричества могут происходить между облаком-облаком и облаком-землёй, быть положительными и отрицательными. Примерно 90% разрядов облако-земля являются отрицательными, природа остальных 10% положительных, до конца не понятна [60]. В результате подавляющего большинства положительных разрядов вся энергия достигает поверхности земли за один удар, для отрицательных характерен мультиудар [61]. Большая энергетика положительных зарядов и их вероятность генерировать сильный ток при ударе позволяют предполагать, что именно положительные разряды являются, как считают некоторые специалисты, ведущим фактором в зажигании ЛГМ и возникновении лесных пожаров [62-66]. Хотя другие исследователи обращают внимание и на многочисленные отрицательные разряды с продолжительным действием тока.

Пожар может возникнуть от единичного удара молнии в дерево или иной объект, который загорится в результате тепловыделения при прохождении разрядного тока в канале молнии. Выделяющейся при таком ударе энергии, в принципе, достаточно для воспламенения любой горючей среды,

но, к счастью, загорание даже в этом случае происходит не всегда. Об этом свидетельствуют иногда встречающиеся живые деревья с явными следами удара молнии в виде вертикального шрама, проходящего по стволу до земли.

Кроме того, загорание подстилки и других легкогорючих ЛГМ возможно под действием искровых разрядов, являющихся результатом вторичного воздействия молнии. Как отмечается в [13, 68] «...В зоне растекания тока молнии она дробится на искры, образуя искровые источники зажигания, имеющие в некоторый промежуток времени высокую температуру (свыше 5000°C), при которой растительные частицы разлагаются с образованием газообразных продуктов. При достаточной толщине слоя ЛГМ происходит совокупное разложение растительных частиц с образованием необходимого количества газообразных продуктов, способных создать горючую смесь, которая воспламеняется. Если находящиеся рядом ЛГМ имеют низкое влагосодержание, то возникает очаг горения».

Приведенный выше текст описывает возникновение пламенного горения сухой лесной подстилки. Отметим, однако, что данная субстанция, как уже отмечалось выше, является идеальной средой для возникновения и развития самоподдерживающегося тления. Поэтому не исключено, что пламенное горение в описанном случае возникнет не сразу, процесс пройдет через стадию тления подстилки.

На возникновение лесного пожара от грозы влияет ряд факторов:

- прохождение грозы;
- наличие разряда «облако-земля»;
- количество выпавших при грозе осадков;
- порода дерева и его физическое состояние;
- наличие горючего материала;
- проводимость почвы.

Наибольшее число наземных разрядов молний происходит в ночные или утренние часы. Зажигание же ЛГМ происходит чаще в ночные часы. Образование росы в утренние часы создает в это время неблагоприятные условия для распространения огня [87].

Далеко не все удары молнии приводят к возникновению пожара. Молнии связаны с грозами. При грозах обычно выпадают ливневые осадки, которые смачивают покров и подстилку, делая их негоримыми во время грозы. Поэтому молнии становятся источниками зажигания не так часто, преимущественно при «сухих» грозах.

Кроме сухих гроз, опасны грозы низкие, фронтальные.

Если молния ударяет в живое дерево, то молния его не зажигает, а лишь наносит механические повреждения – обдирает полосами кору, разбивает часть дерева в щепки. Это вполне объяснимо, поскольку у живого дерева древесина влажная, относительно хорошо проводит электрический ток, при этом ствол идеально заземлен через свою корневую систему.

В весьма серьезной российско-немецкой монографии [1] указывается, что «...пирологам до сих пор непонятно, каким образом могут возникать загорания в лесу при попадании молнии в живое дерево». Вероятно, такого действительно не бывает.

На щепках, коре живого дерева после удара молнии никогда не бывает следов воздействия высокой температуры [1], а механические разрушения вызваны взрывообразным испарением влаги, разрывающим волокна древесины, при прохождении электрического тока.

Иное дело – *сухие деревья*. Сухая древесина обладает электросопротивлением в сто тысяч раз больше, чем растущая. Соответственно, возрастает тепловыделение при прохождении разрядного тока и древесина воспламеняется.

На лесных полянах, прогалинах или в редколесье разряд «облако-земля» может произойти непосредственно в почву. И поскольку у сухого напочвенного покрова электросопротивление столь же велико, как и у сухой древесины, а горючесть весьма высока, загорание, как правило, неизбежно. Правда, в густом лесу вероятность удара молнии в почву чрезвычайно мала, т.к. хорошо «заземленные» стволы деревьев играют роль молниеотводов [75].

Нужно отметить, что с тезисом о роли живых деревьев как громоотводов и малой вероятностью удара молнии в землю в густом лесу некоторые специалисты по лесным пожарам категорически не согласны и даже приводят в подтверждение своего мнения соответствующие расчеты [1]. Из них следует, что более половины ударов молний в лесу приходится на напочвенный покров и почву. Именно они и вызывают загорания [1]. Добавим, что, безусловно, наряду с ударами молнии в сухие деревья.

Уверенность в том, что пожары вызываются ударами молнии именно в деревья, поддерживается фактами обнаружения при осмотре места пожара деревьев со свежими следами от удара молнии. Но, как отмечается в [1], молния очень часто разветвляется и поражает одновременно несколько точек. Таким образом, одна и та же разветвленная молния может попасть в дерево и оставить на нем следы и при этом еще и ударить поблизости в почву и вызвать загорание.

Казалось бы, какая разница для пожарно-технического эксперта, куда ударила молния и, что загорелось – дерево или напочвенный слой?

Дело в том, что гроза чаще бывает не «сухой», а обычной, сопровождающейся интенсивными осадками. В этом случае при ударе молнии в мокрый напочвенный слой пламенное горение не возникает, но может возникнуть очаг тления во внутренних сухих слоях подстилки, который развивается с переходом в пламенное горение после высыхания напочвенного покрова. Высыхание может длиться долго, до 10 дней [57]. Поэтому *значительная часть загораний, вызванных ударами молний, развивается в открытые пожары не сразу, а спустя несколько дней*. По мнению [1], в первый день после грозы развивается в пожары не более 20% загораний, в последующие 6 дней – по 10-15% ежедневно. Вследствие этого большая часть пожаров, вызванных молниями, может быть отнесена за счет антропогенного фактора. А количество пожаров от молний занижается в 3-4 раза (от 30 до 10%) [1].

Финские специалисты также отмечают, что пожары нередко возникают лишь через длительный промежуток времени после грозы [69].

Изложенная выше ситуация существенно усложняет задачу установления причины пожара. Но упрощать проблему и отводить версию о причастности молнии к возникновению пожара в случае отсутствия жесткого совпадения времени грозы и начала пожара по дням и часам, явно не следует. Тем более, при возникновении пожара на глухих лесных участках, где даже открытое пламенное горение обнаруживается не сразу. Вероятно, следует анализировать, как возможное, возникновение пламенного горения в период от 0 до 7-10 суток со времени прохождения грозового фронта через очаговую зону.

Фокусировка солнечных лучей

Возможности загорания при фокусировке солнечных лучей рассмотрены в главе 4 книги 1.

При расследовании лесных пожаров такая версия выдвигается достаточно часто, при этом либо отводится, либо принимается – и в том, и другом случае, как правило, достаточно бездоказательно.

В главе 4 отмечалось, что для инициирования подобного рода загорания необходим концентратор солнечных лучей и далеко не каждая валяющаяся в лесу бутылка или ее осколки могут эту функцию исполнить. Подобная ситуация складывается очень редко. Поэтому позволим себе рассмотреть две ситуации.

Первая (чрезвычайно редкая) – точно определен очаг лесного пожара; в очаге найден объект, способный фокусировать солнечные лучи. РГМ в очаговой зоне, судя по особенностям местности, должны были относиться к 1 категории горючести (см. выше), погодные условия способствовали возникновению горения. Остатков костра в очаговой зоне не обнаружено. Место достаточно глухое, сведений о недавнем пребывании людей в материалах дела нет, признаков пребывания (кроме злосчастной бутылки) – тоже. Грозы в течение прошедших 7-10 дней (см. выше) тоже не было.

В этом случае можно назвать фокусировку солнечных лучей причиной вероятной и даже, возможно, наиболее вероятной.

Вторая ситуация (наиболее частая) – очаг пожара установлен с точностью до нескольких десятков квадратных метров, а то и гектаров. На месте имеются следы пребывания людей, в том числе потенциальные «концентраторы солнечной энергии». В этом случае данную причину можно назвать в качестве *возможной* (потому что ее никак не назовёшь *невозможной*), но не *вероятной*

и наиболее вероятной. С чисто физической точки зрения возможность инициирования горения при таком источнике зажигания значительно ниже, чем у незатушенного костра, брошенного окурка и других рассматриваемых выше и ниже источников зажигания.

Отвести версию о причастности фокусировки солнечных лучей позволяют облачная погода, а также «критерий влажности», аналогично тлеющему табачному изделию (см. выше).

Загорания, связанные с проявлением техногенных факторов

К техническим объектам, которые могут быть причастны к возникновению природных пожаров, относят моторный транспорт, локомотивы, линии электропередач и электрооборудование. Даже фрагменты отработавших ступеней ракет.

Из перечисленного наиболее реальную опасность представляют проходящие в лесу и на лесных участках поселков и деревень высоковольтные и низковольтные линии электропередач (ЛЭП). Их обрыв с замыканием на землю или на деревья действительно достаточно часто приводит к возникновению пожара.

Дж. ДеХаан указывает, что электрические силовые линии могут вызвать пожар несколькими способами [35]:

1. Короткое замыкание и неисправности в трансформаторе – возможно, одна из самых распространенных и опасных ситуаций, когда разогретое масло или расплавленный металл падает на топливо;
2. Утечка тока через загрязненные изоляторы и опоры (держатели);
3. Падение проводов, что может вызвать электрическую дугу между проводами и землей, или предметами, на ней находящимися;
4. Электрическая дуга между проводами, которые случайно вступили в контакт друг с другом (обычно при сильном ветре);
5. Заземление проводов посторонними предметами, такими, как упавшие деревья.
6. Сучья, вступающие в контакт с проводами;
7. Животные, вступающие в контакт с оборудованием и вызывающие короткое замыкание.

На линиях 220/380В, проходящих через лесопарковые зоны деревень и поселков, при сильном ветре возможен захлест незаизолированных электропроводов. При этом возникают электрические дуги с образованием частиц расплавленного металла. Теоретически они могут при попадании на легкогорючие материалы инициировать горение.

Причастность электродуговых процессов и образующихся при этом искр к возникновению пожара, безусловно, требует рассмотрения. Такая версия часто выдвигается следствием, лоббируется заинтересованными лицами. Очевидно, что для принятия версии, как минимум, необходимо совпадение в пространстве и во времени источника искрообразования и очага пожара, наличия в этом очаге материалов, склонных к самоподдерживающемуся тлению (загорание сразу в режиме пламенного горения мокрой травы, веток, монолитных материалов типа досок, бревен маловероятно). Необходим и учет условий окружающей среды. При низкой температуре и высокой влажности такое вряд ли возможно, что может быть подтверждено соответствующими расчётами (см. главу 7 книги 1).

К загораниям может привести работа автомобильной и тракторной техники в лесу, особенно в районах интенсивного промышленного лесопользования. Источниками зажигания в данном случае могут послужить выхлопные газы автомобилей и тракторов, не оборудованных искрогасителями (см. книгу 1), а также просто контакт сухой травы с разогретыми поверхностями глушителя и других деталей выхлопного тракта.

Особенно опасен в этом плане каталитический дожигатель, устанавливаемый на трубе выхлопного тракта, поскольку его температура еще выше, чем остального тракта (см. главу 15).

В США и ряде других стран в лесах и национальных парках недаром запрещено автомобилям заезжать на территорию вне специально проложенных дорог и останавливаться вне специально оборудованных стоянок Дж. ДеХаан указывает, что иногда каталитический конвертор разрушается и его части могут быть обнаружены на месте пожара. Фрагменты разлагающегося каталитического конвертора бывают небольшого размера, часто их можно не заметить, но внешне они похожи керамические соты, ячейки в которых могут быть квадратными, прямоугольными или шестигранными. В них используются редко встречающиеся металлы, такие как платина или иридий. Их наличие может быть выявлено в результате лабораторных исследований. Фрагменты или «искры» горящего углерода из труб эжектора дизельного двигателя трудно обнаружить, но они имеют плотную структуру и могут попасть на землю под слой сухих листьев или травы до момента из воспламенения. Эти фрагменты содержат железо, поэтому для их поиска можно применять сильный постоянный магнит [35].

При отработке данной версии также необходимо сопоставление мест работы или проезда, стоянки автотракторной техники и очага пожара. Должно иметь место совпадение во времени этих событий.

Загорание ЛГМ под воздействием лучистых тепловых потоков.

Приводимые в литературе результаты экспериментальных исследований зажигания слоев из опада хвои кедра, сосны, пихты, листьев березы, а также лишайника и мха Шребера потоком лучистой энергии показали возможность зажигания ЛГМ таким путем.

Ниже указаны ***критические тепловые потоки***, необходимые для загорания РГМ, кДж/ м²с (экспозиция – 15 с):

- ветошь злаков – 504
- опад листьев березы – 45;
- то же осины – 40;
- лишайник кладония – 60;
- мох Шребера – 55;
- мох дикранум – 60;
- мох сфагнум – 90;
- опад из хвои сосны – 100;
- древесина сосны – 100;
- высушенная до 8-14% брусника – 70;
- черника – 90;
- плаун – 80.

Причём быстрее других зажегся лучистым тепловым потоком мох [1, 70].

Нужно отметить, что, если ориентироваться на критический тепловой поток для древесины (в главе 2 книги 1 для древесины приводилась критическая величина теплового потока равная 12 кВт/м²), то обращают на себя внимание различия в цифрах (12 и 100). Возможно, дело в различных методиках определения этих величин.

Подобный механизм зажигания актуален скорее для природных или техногенных катастроф [10, 71-73], нежели для рядовых лесных пожаров. Тем не менее, мы упоминаем о нём, поскольку он может потребовать экспертного анализа в каких-либо редких случаях наличия в очаговой зоне источников мощного инфракрасного излучения, например, факела горящего газа из резгерметизированного в результате аварии трубопровода. Возможность загорания ЛГМ (не только напочвенного слоя, но и листья, хвои, мелких веток) в этой ситуации может быть рассчитана исходя из соотношения воздействующего на объект теплового потока и критического для данного материала теплового потока.

Торфяные пожары и пожары мусорных свалок

Торфяные пожары могут происходить в местах естественного отложения торфа – выше, при классификации лесных пожаров они названы подземными. Кроме того, загорания уже заготовленного торфа могут происходить на полях его добычи и в местах хранения.

Торфяные пожары могут возникать по механизму теплового самовозгорания (см. главу 10 книги 1), а также инициироваться теми же источниками зажигания, что и рассмотренные выше низовые лесные пожары. Возможен взаимный переход подземных пожаров в низовые или наоборот, а также их комбинация.

В сильнозасушливые годы источником огня иногда становятся предприятия по добыче торфа. В 1972 г., 1981 г. пожары с полей торфодобычи переходили в леса [51].

Не лучше оказалась ситуация в настоящее время, когда торфоразработки (осушенные участки) по сути заброшены.

Загорания торфа на полях добычи и в местах хранения происходят в течение всего года. Наибольшее число загораний приходится на вторую половину второго квартала и первую половину третьего. В [42] так описывается процесс самовозгорания свежедобытого торфа: *«Фрезерный торф, подсушенный и уложенный в штабеля, разогревается, а затем загорается... В первые 30-40 дней после уборки хранимого в штабелях торфа температура увеличивается на 3-5°C, в последующие 10-30 дней наблюдается ежедневное повышение ее на 0,5-4,5°C. При 60°C и более торф в течение нескольких дней превращается в обуглившуюся пористую сухую массу, которая по своему качеству похожа на полукокс. Начинается самовозгорание торфа, причем этот процесс резко ускоряется при проникновении в него кислорода воздуха».*

Считается, что наибольшее число загораний происходит в период добычи торфа (май-август). В основном, все крупные пожары на торфополях возникали в интервале от 10 часов утра до 15 часов дня, что вполне объяснимо, учитывая погодные условия. Кроме того, к возможностям развития процесса самовозгорания добавляется *антропогенный фактор* (тлеющие табачные изделия) и *техногенный фактор*. К последнему относят, в первую очередь, работу техники.

У работающих на торфяных предприятиях тракторов марок ДТ-45, ДТ-55 и других значительную пожарную опасность представляет система питания двигателя топливом и выхлопная система. Соединения элементов в указанных системах бывают негерметичными, происходит утечка топлива, а осевшая на месте подтеков горючего и смазки торфяная пыль, накапливаясь, образует слой толщиной до 5-10 мм. Такие отложения – идеальная горючая среда, способная загораться при контакте с нагретыми поверхностями трактора, при попадании искр, вылетающих с отработанными газами (см. книгу 1). В [42] отмечается, что, если подобными отложениями покрыта значительная площадь, пламя быстро охватывает большую часть поверхности трактора, что может привести к серьезным ожогам водителя и быстрому развитию пожара.

Торфяная пыль может загораться при отложениях на деталях выхлопного коллектора трактора, автомобиля, мотоцикла. Особенно сильно выхлопной коллектор нагревается при плохой регулировке системы зажигания и качестве горючей смеси. При неплотном прилегании выхлопного коллектора к блоку двигателя, при прогорании прокладок вероятность возникновения пожара сильно возрастает за счет вылета искр и даже языков пламени через места пробоя. Причиной загорания может явиться также плохая смазка трущихся частей машин [42].

Причастность трактора или автомобиля к возникновению пожара легче устанавливается, если загорание произошло непосредственно во время работы и в пожаре пострадало само транспортное средство. Но не надо забывать и про возможность инициирования таким образом тления торфяной пыли, отдельных оторванных от массива сухих торфяных кусков. В этом случае пожар может иметь скрытый период развития с последующим переходом в пламенное горение. При анализе соответствующей версии это надо учитывать. Трудно сказать, каков может быть в каждом конкретном случае период такого скрытого развития. По крайней мере, период в сутки представляется вполне реальным.

При экспертном исследовании подобного пожара трудно, практически невозможно сделать категорический вывод о причастности именно транспортного средства к возникновению пожара. Поскольку трудно исключить такие же последствия, возникшие от брошенного трактористом, водителем или другими работающими тлеющего табачного изделия или иного источника зажигания. Но, тем не менее, если попавшее под подозрение транспортное средство существует, целесообразно ходатайствовать перед следователем об организации его осмотра с целью определения состояния выхлопного тракта, наличия искрогасителя. Результаты осмотра дадут аргументы в решении вопроса о том, какой из возможных источников зажигания считать наиболее вероятным.

Загорания торфа могут происходить как непосредственно на полях добычи и сушки торфа, так и в прилегающих к ним лесах с последующим переходом на поля.

Горение фрезерного торфа, независимо от причин его возникновения, начинается на поверхности полей или штабелей с медленным углублением в залежь или штабель. Глубина прогорания торфа в штабелях зависит от его качества, плотности, скорости ветра. Скорость выгорания торфа меняется в пределах от 1,4 кг/м²/ч при скорости ветра 1 м/с до 23 кг/м²/ч при скорости ветра 11 м/с [42].

Установлено, что в первые 1,5-2 часа сгорает слой торфа толщиной 2-4 см. Горение распространяется в толщу залежи на большую глубину, проникает в слой торфа высокой степени разложения и более низкой влажности, распространяется по этому слою на большой площади. В глубине горение распространяется со скоростью до нескольких метров в час и может длиться продолжительное время (см. ниже) [42].

Горение на торфополях, как и низовые пожары в лесу, распространяется обычно, по направлению ветра, расширяясь конусообразно от очаговой зоны.

Для начала горения торф должен иметь влажность 20-30%. Такая влажность бывает на поверхности торфяников в засушливую погоду. Начавшееся горение вовлекает в процесс массы торфа с влажностью 70-80%.

Существует зависимость между влажностью торфа в верхнем слое и уровнем грунтовых вод. При снижении уровня грунтовых вод от поверхности почвы на 10 см влажность верхнего слоя падает с 2400% до 1600%. Понижение уровня от 10 до 30 см соответствует уменьшению влажности на 400%; от 30 до 50 см – ещё на 200% [74].

Необходимо отметить, что в больших торфяных массивах, не затапливаемых грунтовыми водами, медленное гетерогенное горение торфа может продолжаться месяцами, в том числе осенью и зимой. Иногда это происходит в ситуациях, когда пожар предыдущим летом вроде бы был потушен. Но пролить, промочить метровые слои торфяных отложений чрезвычайно сложно и горение в слое, где минимальные теплотери и идеальная среда для самоподдерживающегося тления, может продолжаться. Оно может выйти на поверхность в форме пламенного горения весной и летом, как сойдет снег и просохнет поверхностный слой.

В данном случае перед экспертом встает сложная задача – как устанавливать и формулировать непосредственную причину такого пожара? Считать это новым пожаром или продолжением потушенного ранее, иногда – прошлогоднего?

Возможно, подобный инцидент, учитывая большой временной разрыв (если таковой составляет не часы и даже дни, а месяцы), целесообразно всё же считать самостоятельным пожаром. Но, конечно, находящимся в определенной связи с пожаром предыдущим. Источником зажигания в данном случае следует считать очаг тлеющего торфа. А непосредственная причина пожара будет формулироваться как «развитие активного горения от длительно тлеющего очага внутри торфяного массива».

Хорошо бы определиться и с условным временем начала нового пожара. Это тоже проблема, поскольку процесс горения «между двумя пожарами» не прекращался, а шел непрерывно. Вспомним, однако, что «пожар» принято определять как «неконтролируемое горение вне специального очага, приводящее к материальному или иному ущербу» [76]. Горение внутри торфяного массива со времен предыдущего пожара, безусловно, было «неконтролируемо» и «вне специального очага». Но вот третий признак – «существенный ущерб» – возник, надо полагать не сразу

(если не считать стоимости выгоревшего на стадии скрытого тления торфа). За отправную точку его появления и, соответственно, возникновения пожара, можно, очевидно, принять время перехода в пламенное горение и начало развития наземного пожара или время (скорее не часы, а дату), когда сильное дымовыделение при тлении в слое начало наносить ущерб людям и окружающей среде. В любом случае, в тексте заключения эксперта «что чем считать и называть» должно быть подробно оговорено.

Признаки причастности данного процесса к возникновению нового пожара будут в основном косвенные. К ним можно отнести совпадение очаговой зоны с районом, природным массивом, где ранее (в прошедшем месяце, а то и сезоне) имел место подземный пожар. При осмотре места пожара могут быть обнаружены провалы поверхностного слоя почвы в местах, где в результате длительного развития гетерогенного горения вытлеп подземный слой торфа.

Зимой протекающее тление в слое торфа проявляет себя в виде локальных проталин в снежном слое, по месту выхода горячих газов из зон тления. Если это не Камчатка или иное место, где из-под земли бьют горячие гейзеры, то на такие странные проталины в течение зимы могут обратить внимание местные жители и соответствующие сведения могут присутствовать в свидетельских показаниях. Иногда такое снимают на видео и даже показывают по телевидению (в феврале 2011 года такое наблюдали и снимали на месте одного из природных пожаров лета 2010 года в средней полосе России).

Пожары мусорных свалок

Подобные пожары трудно отнести к природным пожарам, это скорее пожары засоряющих природу веществ и материалов. Но пожары такого рода происходят довольно часто и на крупных свалках по механизму возникновения и развития они весьма близки к природным подземным пожарам. Их также трудно тушить; в них также за счет тления внутренних слоев может длительное время сохраняться тление. В режиме тления пожар может протекать дни, недели, а то и месяцы, отравляя окружающее пространство газообразными продуктами сгорания, или при благоприятных условиях перейти в открытое пламенное горение.

Специальных исследований процессов горения свалок, насколько нам известно, практически не проводилось, отсутствуют и какие-либо методические материалы по экспертному исследованию подобных пожаров.

Надо полагать, к пожарам такого рода применимы те же методические принципы, что и для природных торфяных пожаров.

Отметим только, что на свалках, даже больше чем в лесу, вероятны причины антропогенного и техногенного характера. Первую группу причин «обеспечивают» бомжи, которые могут бросать незатушенные окурки, разжигать костры и т.д. Риск техногенных пожаров увеличивает постоянный заезд на действующие свалки автомобилей с мусором, как правило, не оборудованных искрогасителями.

Обычно формирующаяся на свалках твердых бытовых и горючих производственно-строительных отходов горячая среда склонна к загоранию, как от источников открытого огня, так и от источников малой мощности.

16.10. Расчеты степени пожарной опасности леса по условиям погоды

Анализ версий по причине лесного пожара может для большей убедительности подкрепляться расчетом степени пожарной опасности леса, существующей на момент возникновения пожара. Она может определяться по принятому в лесном хозяйстве комплексному показателю В.Г. Нестерова, который вычисляется на основе данных о температуре воздуха ($^{\circ}\text{C}$), температуре точки росы ($^{\circ}\text{C}$) и количестве выпавших осадков (мм). Общероссийская шкала имеет 5 классов пожарной опасности в лесу по условиям погоды (табл. 16.8) [85].

Таблица 16.8

Классы пожарной опасности лесов

Класс пожарной опасности	Значение комплексного показателя (КП)	Степень пожарной опасности
I	до 300	–
II	301–1000	малая
III	1001–4000	средняя
IV	4001–10000	высокая
V	Более 10000	чрезвычайная

Для расчета комплексного показателя (КП) пожарной опасности в лесу по условиям погоды необходимы следующие данные:

- температура воздуха и точки росы на 12 часов по местному времени;
- количеству выпавших осадков за предшествующие сутки, т.е. за период с 12 ч предыдущего дня (осадки до 2,5 мм в расчет не принимаются).

КП рассчитывается по формуле:

$$КП = \sum_n^1 t(t-r), \quad (16.3)$$

где:

t – температура воздуха;

(t-r) – температура точки росы;

n – число дней после последнего дождя.

Указанные метеорологические данные могут быть запрошены следователем по просьбе эксперта в метеорологической службе.

В ГОСТ [77] приводится пример такого расчета для 4 июльских дней предшествующих пожару, начиная со дня последнего дождя:

Таблица 16.9

Исходные данные для расчета КП

Дата	Количество осадков	t	t-r
7.07	Осадки выпали до 12 ч в количестве 3 мм	16,9	1,6
8.07	Осадков не было	17,9	2,5
9.07	Осадков не было	26,8	21,2
10.07	Осадков не было	24,1	15,1

Расчет КП выполняется по этим данным на каждый из 4-х дней:

$$7.07: КП = 16,9 \times 1,6 = 25,4;$$

$$8.07: КП = 25,4 + (17,9 \times 2,5) = 70,2;$$

$$9.07: КП = 70,2 + (26,8 \times 21,2) = 638,3;$$

$$10.07: КП = 638,3 + (24,1 \times 15,1) = 1002,3.$$

Таким образом, в данном случае существовала средняя степень пожарной опасности, III класс пожарной опасности.

Несмотря на то, что расчет комплексного показателя включен в ГОСТ и достаточно широко используется, ряд специалистов – практиков отмечают его недостатки, указывают что влияние осадков на пожарную опасность леса учитывается очень грубо [80]. В 1985 году Волокитиной А.В. была предложена поправка для основного комплексного показателя В.Г. Нестерова и 2 формулы для расчета коэффициента учета осадков. Этот показатель влажности (альтернатива КП) Г_j рассчитывается по формуле:

$$Г_j = \xi_j [Г_{j-1} + (t_j + 10)(t_j - t_{j-1} - 5)], \quad (16.4)$$

Таблица 16.10

Загораемость участков в таежной зоне европейской части России [6]

Участки леса	Σdt°	Источники огня от которых возможны загорания при Σdt°											
		50-	100-	200-	300-	400-	500-	600-	800-	900-	1000-	3000-	5000-
Вырубки и редины в лишайниковых типах и верещатниках	50-	-	костер				костер спичка				костер спичка оурук		костер спичка оурук искра
Лишайниковые типы и верещатники	100-	-	костер				костер спичка				костер спичка оурук		костер спичка оурук искра
Вырубки в брусничниках	200-	-	-	костер			костер спичка				костер спичка оурук		костер спичка оурук искра
Сосняки и березняки-брусничники	300-	-	-	-	костер		костер спичка				костер спичка оурук		костер спичка оурук искра
Вырубки в кисличниках и черничниках	400-	-	-	-	-	костер		костер спичка			костер спичка оурук		костер спичка оурук искра
Ельник-брусничник	500-	-	-	-	-	-	костер				костер спичка	костер спичка оурук	костер спичка оурук искра
Сосняк багульниковый	600-	-	-	-	-	-	-	костер			костер спичка	костер спичка оурук	костер спичка оурук
Сосняки и березняки-кисличники и черничники	800-	-	-	-	-	-	-	-	костер		костер спичка	костер спичка оурук	костер спичка оурук
Ельники и осинники кисличники и черничники	900-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер		костер спичка оурук	костер спичка оурук искра
Вырубки в долгомошниках	1000-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер		костер спичка оурук искра
Сфагновые типы (насаждения, редины и вырубки)	1200-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер		костер спичка оурук искра
Луговиковые и вейниковые вырубки	2500-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер		костер спичка оурук искра
Долгомошники, долгомошные вырубки и гари	2700-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер		костер спичка оурук искра
Сфагновые болота и ельники-долгомошники	3000-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер	костер спичка оурук искра
Травяные и таволговые типы	5000-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	костер спичка оурук искра

где:

G_j – аналог КП;

t_j – температура воздуха;

$t_j - \tau_j$ – температура точки росы.

Величина ξ_j определяется по формуле:

$$\xi_j = 1,3(T_j + 1), \quad (16.5)$$

где:

T_j – продолжительность выпадения осадков на утро текущих суток за последние сутки, час [80].

Но главное в данном случае не класс и степень пожарной опасности, а возможность, исходя из величины комплексного показателя, оценить **потенциальную возможность загорания лесных горючих материалов от различных источников зажигания**. Соответствующие данные приводит Курбатский Н.П. (таблица 16.10) [6].

Конечно, надо понимать, что определение возможности загорания в рассматриваемых ситуациях от различных источников зажигания носит оценочный характер. Это определение большой или, наоборот, малой вероятности зажигания. Но, как косвенное свидетельство в пользу той или иной версии, такой расчет, безусловно, может быть использован.

Литература к главе 16

1. Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Волокитина А.В., Софронова Т.М. Пожарная опасность в природных условиях – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, 2005 – 330 с.
2. Мелехов И.С. Лесная пирология Учебное пособие. М.: Московский лесотехнический институт, 1978 – 71 с.
3. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД, 1972 – с.171-231.
4. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таёжной зоне. – Новосибирск: Наука, 1990. – 205 с.
5. Анцышкин Н.П. Противопожарная охрана леса. М. – Л. Гослесбумиздат, 1957 – 190 с.
6. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. – М.: Гослесбумиздат – 1962. – 154 с.
7. Лесная энциклопедия, 1985, 1986.
8. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. – 408 с.
9. Гришин А.М., Фильков А.И. Прогноз возникновения и распространения лесных пожаров. – Кемерово.: Изд-во Практика, 2005. – 201 с.
10. Пинаев В.С., Щербаков В.А. Пожары, вызванные ядерными взрывами, и их последствия // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32. № 5, с. 116-121.
11. Паневин В.С. Леса и лесное хозяйство Томской области: учеб. пособие. – Томск.: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 126 с.
12. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. – М.: «Наука». 1979. – 198 с.
13. Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2009. – 301 с.
14. Wagtendonk J.W. Van Fire as a physical process // Fire in California's ecosystems / Eds. N.G. Sugi-hara et al. Berkeley: university of California Press, 2006, p. 38-57.
15. Червонный М.Г. Охрана лесов от пожаров. – М.: Лесная промышленность 1973. – 104 с.
16. ГОСТ 17.6.1.01-83 Охрана природы. Охрана и защита лесов. Термины и определения.

17. Молчанов А.А. Условия распространения верховых пожаров в сосняках // *Лесное хоз-во*, 1957, № 8, с. 50-53
 18. Волокитина А.В., Софронов М.А., Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2002. – 314 с.
 19. Кочнев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1977. – 239 с.
 20. Яковлев А.П. Пожароопасность сосновых и лиственничных лесов // *Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса*. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979, с. 195 – 213.
 21. Шешуков М.А., Нешатаев В.В., Найкруг И.В. Некоторые принципы составления планов противопожарного устройства // *Лесное хозяйство*, 1973. № 6, с. 48–53.
 22. Шешуков, М.А. Биоэкологические и зонально-географические основы охраны лесов от пожаров на Дальнем Востоке: автореф. дисс. д-ра. с.-х. наук. Красноярск, 1988.
 23. Sandberg D.V., Ottmar R.D., Cushon G.H. Characterizing fuels in the 21st century // *Inter. J. Wildland Fire*. 2001. V 10, N 3-4, p. 381–387.
 24. Alexander M.E., Lawson B.D., Stocks B.J., Van Wanger C.E. User guide to the Canadian Forest Fire Behaviour System: rate of spread relationships / Canadian Forest Service Fire Danger Group, 1984. – 73 p.
 25. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. – 154 с.
 26. Курбатский Н.П. исследования свойств и количества лесных горючих материалов // *Вопросы лесной пирологии*. ИЛиД СО АН СССР, Красноярск, 1970, с. 5-58.
 27. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: учебник для студентов высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр. ВЛАДОС, 2001. – 384 с.
 28. Курбатский Н.П. Сезонные изменения влажности хвои, листьев и веточек у основных древесных пород тайги // *Вопросы лесной пирологии*. – Красноярск: ИЛиД, 1970. – с. 155-185.
 29. Амосов Г.А. Некоторые особенности горения при лесных пожарах Л.:ЛенНИИЛХ, 1958. – 30 с.
 30. Молчанов А.А. Скорость распространения лесных пожаров в зависимости от метеорологических условий и характера древостоя // *Лесное хоз-во*, 1940, № 6, с. 64-67.
 31. Софронов М.А., Волокитина А.В. Методика обследования и описания лесных участков, пройденных пожарами. – Красноярск; Институт леса им. В.Н.Сукачёва СО РАН, 2007. – 71 с.
 32. Энциклопедия лесного хозяйства. т. 1. – М.: ВНИИЛМ, 2006. – 424 с.
 33. Мелехов И.С. Влияние пожара на лес. М. – Л., 1948.
 34. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. – Новосибирск: Наука, Сиб отд-ние, 1977. – 239 с.
 35. John D. DeHaan Kirks Fire Investigation. Third Edition. BREDI, 1991, 416 p.
 36. Byram G.M. Some principles of burning and their significance in forest fire behavior.- *Fire Control Notes*, 1957, № 2.
 37. Taylor R.I. e.a. Some meteorological aspects of intense forest fires. – Division Meteorolog. Physics Techn. Paper. Australia, 1971, № 21.
 38. Faure I. Study of convection currents created by fires of large areas – Intern. Symp. Use Models Fire Res. Nat. Acad. Sci. – Nat. res. Councel, Washington, 1961.
 39. Tarifa C.S. Notario P.P. Moreno F.G. On the flight path and the lifetimes of burning particles of wood / 10th Symp. (Intern.) Comb. Pittsburg, 1965 – p. 1031–1037.
 40. Шаршанов А.Я. Особенности определения радиуса разлета искр горючих материалов. / *Проблемы пожарной безопасности*. Сб. научн. тр. Харьков; Академия пож. безоп. Украины. Вып. 27, 2010. с. 231 – 236.
 41. Овсянников И.В. О некоторых вопросах совершенствования охраны лесов от пожаров. *Лесное хоз-во*, 1969, № 7, с. 59-62.
 42. Никитин Ю.А., Рубцов В.Ф. Предупреждение и тушение пожаров в лесах и торфяниках. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 96 с.
 43. Софронов М.А., Вакуров А.Д. Огонь в лесу. – Новосибирск.: Наука, Сиб отд., 1981. – 128 с.
-

44. Амосов Г.А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров. В кн. Возникновение лесных пожаров. – М.: Наука, 1964, с. 152–183.
45. Телицын Г.П. Расчет объема работ в зависимости от скорости и продолжительности локализации лесного пожара. // Лесное хоз-во, 1965, № 4, с. 44–47.
46. Вульфсон Н.И., Гутман Л.Н. Влияние стационарных источников тепла на характер конвекционных движений в неустойчивой атмосфере // Физика атмосферы и океана, 1965. т.1, № 6, с. 569-576.
47. Пристли С. Турбулентный перенос в приземном слое атмосферы. Пер. с англ. Л.: Гидрометеопиздат, 1964.
48. Курбатский Н.П. Проблема лесных пожаров // Возникновение лесных пожаров. – М.: Наука, 1964. – с.5-60.
49. Меллума А.Ж., Рунгеле Р.Х., Эмис И.В. Отдых на природе как природоохранная проблема. Рига: Зинатне, 1982. – 144 с.
50. Телицын Г.П. Изучение связи посещаемости лесов и возникновения пожаров // Лесоведение. 1984. № 1, с. 59-63.
51. Иванов А.В. Лесная пирология (конспект лекций) – Йошкар-Ола : Марийский ГТУ, 2010 – 276 с.
52. Андреев Ю.А. Роль населения в возникновении и пространственном распределении лесных пожаров // Математическое и физическое моделирование лесных пожаров и их экологических последствий. Мат-лы межд. конф. Томск-Иркутск, 1997, с. 14-17.
53. NFPA-921. Guide for Fire and Explosion Investigations. NFPA, 2004.
54. Мелехов И.С., Душа-Гудым С.И. Лесная пирология, вып 2. – М.: 1979. – 80 с.
55. Азметов Р.Р., Беляев А.И., Мостовенко В.М. Перспективы создания российской системы электромагнитного мониторинга гроз для нужд охраны лесов от пожаров, энергетики, авиации, метрологии и прогнозирования стихийных бедствий// Сопряженные задачи механики и экологии: – Мат-лы междунар. конф. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. с. 9-11.
56. Weber M.G., Stocks B.J. Forest fires and sustainability in the boreal forest of Canada// Ambio. 1998. V. 27. P. 545-550.
57. Коршунов Н.А. Особенности возникновения пожаров от молний в Красноярском Приангарье // Вестник СибГТУ – Красноярск. – 2002 – № 2, с. 23-25.
58. Грибанов Л.Н. Борьба с лесными пожарами, возникающими от грозовых разрядов // Лесное хозяйство. 1953. № 4. с. 64.
59. Грибанов Л.Н. Грозовые явления и лесные пожары // Ботан. журн. 1955. т. 40, № 3 с. 429-432.
60. Latham D.J. Lightning flashes from a prescribed fire-induced cloud // J. Geophysics Res. 1991. V.96. P. 17151-17157.
61. Uman M.A. Lightning. N.Y. McGraw-Hill. 1969. 320 p.
62. Lyons W.A., Nelson T.E. Williams E.R. et.al. Enhanced positive cloud- toground lightning in thunderstorms ingesting smoke from fires // Science. 1998. v.282. p. 77-80.
63. Voccippio D.J., Williams E.R., Heckman S.J. et.al. ELF transients, and positive ground strokes // Science. 1995. V. 269. p. 1088-1091.
64. Burke C.P. Jones D.L. On the polarity and continuing current in unusually large lightning flashes deduced from ELF events // Atmosp. and Solar- Terres. Phys. 1996. V. 58. p. 531-548.
65. Cummer S.A., Inan U.S Sprite- producing lightning using ELF radio atmospherics// Geophys. Res. Letters. 1996/ v/ 24. p. 1731-1734.
66. Huang E., Williams E.R, Boldi R. et. al. Criteria for sprites and elves based on Schumann resonance measurements // J. Geophys. Res. 1999. V.104. p. 1693-1694.
67. Flannigan M.D., Wotton B.M. Lightning-ignited fires in northwestern Ontario// Can.J. Forest. Res. 1991. V. 21. p. 277-287.
68. Soriano L.R., De Pablo F. Tomas C. Ten-year study of cloud- to-ground lightning activity in the Iberian Peninsula // J. Atmosp. and Solar- Terrestr. Phys. 2005/ V/67, N.16. p. 1632-1639.

69. Larjavaara M., Kuuluvainen T., Rita H. Spatial distribution of lightning-ignited fires in Finland // Forest Ecology and Management. 2005. V/208, № 1-3, p. 177-188.
70. Гришин А.М., Зима В.П., Кузнецов В.Т., Скорик А.И. Зажигание лесных горючих материалов потоком лучистой энергии // Физика горения и взрыва. 2002. т. 38, № 1. с. 30-35.
71. Курбатский Н.П. О возникновении лесного пожара в районе Тунгусского падения // Проблемы метеоритики. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1975, с. 69-71.
72. Гришин А.М., Ефимов К.Н., Перминов В.А. Зажигание лесных массивов в результате космических и техногенных катастроф // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32, № 2. с. 18-31.
73. Гришин А.М., Перминов В.А. Зажигание лесных массивов под действием высотного источника лучистой энергии. // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32, № 2. с. 107 – 115.
74. Константинов В.К., Юзепчук И.А. Некоторые вопросы осушения болот с бедными торфами // Исследования по лесному хозяйству. Л.,1972, с. 317-331.
75. Матвеев П.М., Матвеев А.М. Лесная пирология. Учеб. Пособие. – Красноярск: Сиб.ГТУ, 2002. – 316 с.
76. ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения.
77. ГОСТ Р 22.1.09-99. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования.
78. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров. – Томск: ТГУ, 1981-277 с.
79. Гришин А. М., Грузин А. Д., Зверев В. Г. Математическое моделирование процесса распространения верховых лесных пожаров// Доклады АН СССР.-2983. Т.269 – № 4. с. 822-826.
80. Гусев В.Г. Физико-математические модели распространения пожаров и противопожарные барьеры в сосновых лесах. – Спб.: ФГУ СПбНИИЛХ, 2005. – 200 с.
81. Frandsen W.H. Fire spread through porous fuels from the conservation of energy // Combustion and Flame. – 1971, v. 16 – № 1.
82. Арцыбашев Е.С., Гусев В.Г., Поминов В.Ф., Хиллов А.М. Использование спутниковой информации для определения координат лесных пожаров // Борьба с лесными пожарами (труды СПбНИИЛХ). СПб, 1998, с. 15-22.
83. Седых В.Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова. Новосибирск, Наука, Сиб. отд. 1991.
84. Гарбурк С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Изд. АиБ, 1997. – 296 с.
85. Нестеров В.Г., Гриценко М.В., Щабунина Т.А. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968, № 9, с. 102-104.
86. ГОСТ 12.1.004-85 Пожарная безопасность. Общие требования.
87. Иванов В.А. Грозоактивность и лесные пожары// Лесные пожары и борьбы с ними/ ВНИИЛМ. М. 1987, с. 208-217.
88. Кошечев М.А. Заключение эксперта. СЭУ ФПС «ИПЛ» по Омской области, 2011.

ГЛАВА 17.

Реконструкция начальной стадии пожара

- Качественная оценка ситуации
- Динамика развития горения на начальном этапе
- Использование результатов реконструкции в решении вопроса о причине пожара

Отвечая на вопрос о непосредственной причине пожара, т.е., по сути, реконструируя, как уже указывалось, процесс возникновения пожара, эксперту, как правило, необходимо в своих рассуждениях продвинуться чуть дальше описания механизма непосредственного инициирования горения. Из небольшого очага должен развиваться пожар. А он может не развиваться, если имеющаяся на месте пожара материальная обстановка и условия вентиляции этому не способствуют. Таким образом, экспертный анализ начальной стадии пожара находится в неразрывной связи с проработкой вопроса о причине пожара, является важным этапом ситуационного анализа стадии возникновения горения.

После того, как произошло загорание, инициированное каким-то предполагаемым нами источником зажигания, дальнейший процесс может пойти по одному из трех направлений.

1) Загоревшийся объект полностью сгорит и пожар фактически не начнется, не распространившись на другие горючие материалы и изделия. Это может произойти, в частности, если загоревшийся объект расположен изолированно от других. Представим себе загоревшуюся от брошенной непотушенной спички пластмассовую урну, стоящую на бетонном полу у такой же стены при отсутствии поблизости иных сгораемых предметов.

2) Горение может постепенно прекратиться или протекать с очень малой скоростью при недостатке кислорода. Представим себе ту же урну, находящуюся в стенном шкафу или небольшой кладовке.

3) При достаточном количестве горючего материала и притоке свежего воздуха горение будет активно развиваться, превращаясь в полноценный по размерам и последствиям пожар.

Задача эксперта, таким образом, состоит в том, чтобы, исходя из известных материалов дела, характеризующих материальную обстановку в зоне очага и ближайших к нему зонах, особенности помещения и его вентиляции (окна, двери, вентканалы, открыты, закрыты) попытаться реконструировать начальную стадию и сравнить результаты этой реконструкции с известными фактическими данными. Нет ли здесь каких-либо противоречий?

Для моделирования развития пожара, в том числе на начальной его стадии, могут применяться различные компьютерные программы. В частности, широкое применение получила программа FDS, разработанная NIST (США) специально для моделирования распространения пожара и отдельных его опасных факторов.

Но, к сожалению, большинством пожарно-технических экспертов подобный анализ (реконструкция) если проводится, то в основном чисто умозрительно, на основе качественных (а не количественных) оценок ситуации и известных закономерностей развития горения. Неточность или невозможность количественных оценок здесь сопряжена с множеством неизвестных факторов (границных условий), необходимых для более-менее достоверных расчетов именно начальной стадии.

Качественная оценка ситуации

Как известно, распространение горения преимущественно и с большей скоростью происходит *снизу вверх*, нежели сверху вниз. Это связано с направленностью конвективного потока из зоны горения (снизу вверх), который прогревает выше расположенный материал, способствуя началу его термического разложения и загорания, т.е. продвижению фронта горения.

В то же время, горение на начальной стадии пожара может распространяться (но с относительно меньшей скоростью – см. табл 2.11 книги 1) и по горизонтали, и сверху вниз. Особенно это характерно для условий недостатка кислорода, когда фронт горения движется навстречу потоку воздуха.

Свойства горючего материала также во многом определяют возможность и скорость распространения горения; влияние этого фактора рассматривалось в главах 2, 3 книги 1, а также во многочисленной специальной литературе. Отметим также, что один и тот же материал может загораться и распространять горение по-разному в зависимости от толщины слоя и теплофизических свойств подложки под ним. Простейший пример – бумажные обои. Они плохо загораются, когда смотаны в тугий рулон, но хорошо загораются и распространяют горение в размотанном виде; если же обои в один слой наклеены на бетонную или оштукатуренную стену, то они могут и не распространять горение за счет теплоотвода из фронта распространения пламени на подложку.

В помещении, где происходит горение, возникает зонирование температуры по высоте. Поэтому по твердым горючим материалам горение лучше распространяется в **верхней зоне** помещения, нежели в нижней. По полу горение распространяется в последнюю очередь (если ему не «помочь», разлив горючую жидкость или иным образом устроив «трейлеры»).

Распространению горения способствует такая обстановка в прилегающих к очагу зонах, при которой имеется возможность **сохранения тепла** горящих поверхностей. Например, при **перекрестном тепловом излучении**. Примерами такой ситуации могут быть возгорание под кроватью, или в углу, или между двумя близко расположенными предметами мебели, такими, как кровать и гардероб [1, 2].

То, что горение быстрее и активнее развивается, если загоревшийся предмет расположен **у стены**, а еще лучше – **в углу** помещения, отмечалось специалистами давно и неоднократно. В работе [3] показано, например, что общая вспышка происходит быстрее и с большей вероятностью, при расположении очага пожара в углу. Это видно по величине интенсивности тепловыделения Q_{FO} , необходимого для поджаривания под потолком температуры раскаленного слоя газа, необходимого для общей вспышки:

- при расположении очага пожара в центре (помещение размером 3х3х2,3 м) – 475 кВт;
- рядом со стеной – 400 кВт;
- в углу – 340 кВт [1].

Один из авторов в своей книге [4] ранее приводил описание экспертного эксперимента, при котором делалась попытка воспроизвести загорание и первоначальное развитие горения при попадании электрокипятильника на пол, покрытый ковролином. Обеспечить устойчивое горения ковролина не удавалось до тех пор, пока не были точно воспроизведены условия, при которых пожар по этой причине произошел в реальности. Для этого кипятильник поместили на образец ковролина рядом со стенкой металлического окрашенного кожуха. Только после этого «процесс пошел».

Загорание рядом находящегося предмета будет зависеть от его расстояния до первоначально загоревшегося объекта. Он может располагаться достаточно близко и иметь форму, при которой наблюдается непосредственное воздействие на него пламени.

В иных случаях горение может перейти на соседний предмет только за счет механизма **лучистого теплообмена**.

Расчетная оценка лучистого теплового потока от горящих предметов приведена нами ранее, в главе 4 книги 1. Здесь же остановимся на некоторых частных примерах, как нам кажется, довольно любопытных.

В работе [5] показано, что лучистый тепловой поток от обычного обитого кресла, может вызвать загорание хлопчатобумажной материи на расстоянии 0,15 м, а горящий гардероб (шкаф с бельем и одеждой) – загорание той же материи на расстоянии 1,2 м.

В работе [6] на основании результатов полномасштабных опытов утверждается, что огонь не перебросится от изолированного обитого кресла к соседнему, если они удалены друг от друга на расстояние более 30 см. Д. Драйздейл отмечает, правда, что это слишком обобщающее утверждение, т.к. процесс распространения горения определяется как свойствами горящего предмета, так и свойствами предмета, на который может перекинуться огонь [1].

В работах [7, 8] авторы исследовали поля распределения лучистого теплового потока вокруг предметов горящей мебели (от сложенных стульев до складских шкафов). Было установлено, что лучистый тепловой поток, действующий на определенном расстоянии, зависит от интенсивности горения. Быстро горящие предметы могут обеспечивать значительные лучистые тепловые потоки на расстоянии до 1 м от передней кромки пламени.

Д. Драйздейл [1] приводит рисунок 17.1, на котором показано распределение лучистого теплового потока в окрестности больничной кушетки в момент наиболее интенсивного горения, в зависимости от расстояния от передней кромки кушетки и высоты над платформой, на которой стояла кушетка. Отмечается, что, в принципе, такие данные могут быть получены для всех видов мебели. Эти данные можно сравнить с возгораемостью тех предметов, на которые воздействует лучистый тепловой поток. В частности, сравнивать можно по величине теплового потока, необходимого для вынужденного зажигания за определенный промежуток времени (например, за 40 с.) (см. главу 4 книги 1).

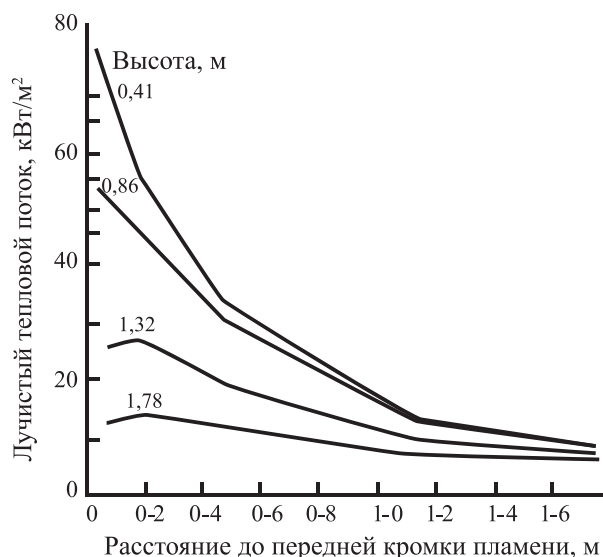


Рис. 17.1. Распределение лучистого теплового потока при различных высотах в окрестности горящей кушетки (кушетка с плетеным каркасом, материал кушетки – полипеноуретан, покрытый синтетическим материалом из полипропилена) [8]

Важно также обратить внимание на вывод автора работы [8] – первоисточника данных, показанных на рис. 17.1. По итогам экспериментов он пришел к заключению, что, если предмет, на который может перекинуться горение, будет находиться на расстоянии более 1 м от горящего обитого кресла, возгорание вряд ли произойдет. Даже для наиболее быстро горящих предметов мебели, лучистый тепловой поток, который превышал бы 20 кВт/м², не был зафиксирован за пределами 0,88 м от источника пожара. (Как указывалось выше, 20 кВт/м² – тепловой поток, обеспечивающий загорание большинства распространенных горючих материалов).

Очень важную роль играет **наличие или отсутствие потолка** или иной горизонтальной поверхности над очагом, которая ограничивает унос тепла конвективным потоком.

Для большинства горючих веществ примерно 30% выделяемого пламенем тепла приходится на излучение в окружающую среду, а остальная часть тепла рассеивается за счет конвекции – уносится восходящим потоком газообразных продуктов горения. И если горение происходит в помещении, то это тепло не теряется полностью, поток дыма и газов скапливается под потолком.

Если высота пламени достигает потолка, происходит расширение пламени до припотолочной струи, которая еще сильнее нагревает потолок.

Нагретый потолок и слой скопившегося под ним раскаленного газа и дыма излучают тепло на находящиеся внизу предметы со все возрастающей интенсивностью. Соответственно возрастает и скорость горения в очаге.

В [1] со ссылкой на [9] приводится пример влияния ограждения сверху на горение пластины из полиметилметакрилата. *Навес, играющий роль потолка, над горящей плитой отклоняет пламя и увеличивает, таким образом, обратный лучистый тепловой поток, активизирующий горение в «очаговой зоне».* При этом скорость горения оказывается в 3 раза больше, нежели в опыте без «навеса». При горении спирта в ограниченном сверху пространстве интенсивность горения оказывается в 8 раз выше, чем при горении на открытом месте [10, 11].

Но самое главное, что «эффект потолка» может обеспечить резкое увеличение площади горения – явления, называемого «**общей вспышкой**».

О явлении, называемом общей вспышкой, уже упоминалось в главе 12.

Если тепловое излучение от сформировавшегося под потолком дымно-газового облака на находящиеся внизу предметы нагреет последние до температуры самовоспламенения, эти предметы вспыхнут, обеспечив резкое увеличение площади горения.

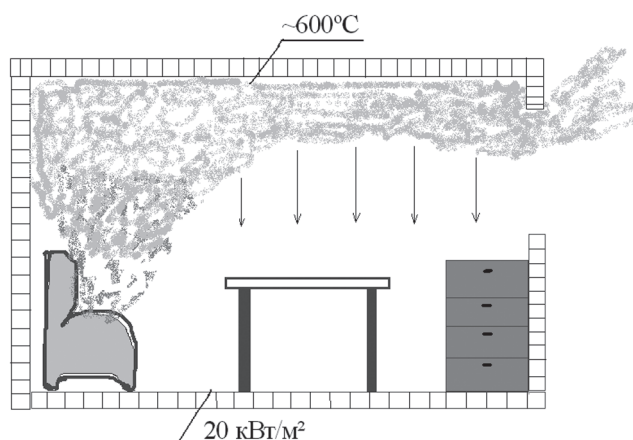


Рис. 17.2. Механизм возникновения общей вспышки в помещении

Общая вспышка сопровождается ростом давления в помещении. Она может привести к разрушению оконного остекления и выбросу пламени через оконные проемы и двери.

Свидетелями общая вспышка обычно воспринимается как хлопок или даже взрыв в помещении. Появляются версии о взрыве газового баллона и т.д.

Экспертам надо иметь в виду, что общая вспышка приводит к формированию множественных очагов горения и, если пожар потушен достаточно быстро и эти множественные очаги не успели слиться в единую зону горения, картина термических поражений, представшая взору эксперта, может очень напоминать картину поджога с несколькими очагами пожара.

Важно определить критерии, которые бы указывали, в какой, собственно, момент может произойти общая вспышка.

Критерии предлагались разные. В работе [13] указывалось, что общая вспышка наступает при интенсивности горения 40 г/с. Предлагалось рассматривать явление общей вспышки как момент, при котором пламя вырывается через проем помещения [15].

Но в настоящее время, как указывает Д. Драйздейл, прослеживается тенденция применять в основном 2 критерия – достижение интенсивности теплового потока на уровне пола 20 кВт/м² [12, 13] или температуры потолка около 600°C [14, 15] (рис 17.2).

Возможность возникновения в том или ином помещении общей вспышки зависит от многих факторов – характера пожарной нагрузки, ее распределения, геометрии помещения и т.д. В общем случае считается, что **для общей вспышки необходима определенная (достаточно**

высокая) скорость горения, при этом данная скорость горения должна поддерживаться некоторый период времени [12, 16]. В [12] приводится пример полного охвата помещения пламенем (общей вспышки), вызванной загоранием отдельного кресла, состоящего из полиуретанового блока, отделанного акриловым покрытием, имитирующем мех. Интенсивность теплового потока в 20 кВт/м². на уровне пола была достигнута через 280с. после начала возгорания кресла, после чего произошла общая вспышка. Максимальное значение скорости горения при этом составило 150 г/с.

В аналогичном эксперименте кожаное кресло также обнаружило большую скорость горения (112 г/с), но длительность горения оказалась недостаточно большой, и необходимый для общей вспышки уровень интенсивности теплового потока достигнут не был [1].

Площадь горения в помещении, после достижения которой может (должна) произойти общая вспышка, многие исследователи пытались как определять экспериментально, так и рассчитывать исходя из теоретических моделей.

М. Казиев в 80-х годах XX века экспериментально показал, что в стандартном гостиничном номере общая вспышка происходит по достижении площади горения 35-40% [17].

В [1] для оценки минимального размера пожара, который может перерасти в полный охват помещения пламенем, предлагается использовать формулу:

$$Q_{FO} = 610 \left(h_k \cdot A_T \cdot A_W \cdot H^{1/2} \right)^{1/2}, \quad (17.1)$$

где:

Q_{FO} – интенсивность тепловыделения, необходимая для поддержания температуры раскаленного слоя газов под потолком на уровне 500 °С, кВт;

h_k - коэффициент эффективного теплоотвода, Вт/ (м²К);

A_T – суммарная площадь внутренних поверхностей помещения, включая площадь вентиляционных проемов, м²;

A_W – площадь вентиляционного проёма (открытого окна, двери и т.п.), м²;

H – высота вентиляционного проёма, м;

Применение этого метода требует, однако, данных об **интенсивности (мощность) тепловыделения** во время горения отдельных предметов.

Некоторые подобные данные приведены в таблице 17.1.

Таблица 17.1

**Примерная мощность тепловыделения при горении
в неограниченном пространстве [18, 19]**

Горючий предмет	Масса, кг	Максимальное тепловыделение, кВт
Мусорная корзина	0,7-6,1	4-18
Матрац (хлопок)	11,8-13,2	40-970
Телевизор	31,3-32,7	120-290
Кресло (ПВХ)	15,4	270
Новогодняя елка	6,4-7,3	500-650
Матрац (полиуретан)	3,1-14,1	810-2630
Кресло (полиуретан)	12,2-27,7	1350-1990
Диван (полиуретан)	51,3	3120

Скорости выделения энергии при горении отдельных изделий показаны на рис. 17.3–17.8.

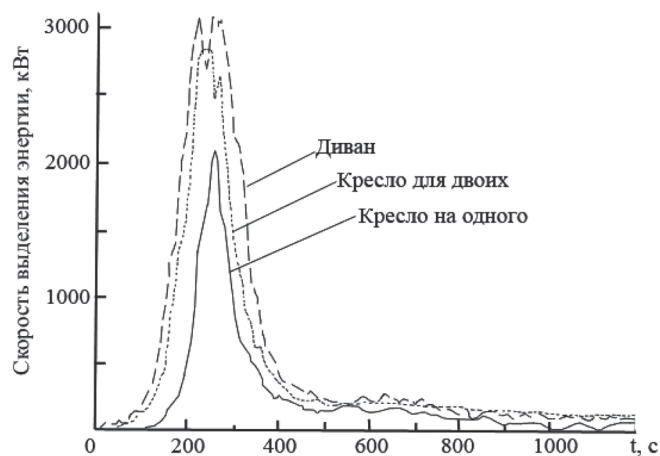


Рис.17.3. Динамика тепловыделения при горении мягкой мебели [20, 21]



Рис. 17.4. Динамика тепловыделения при горении мешков с мусором [20, 21]

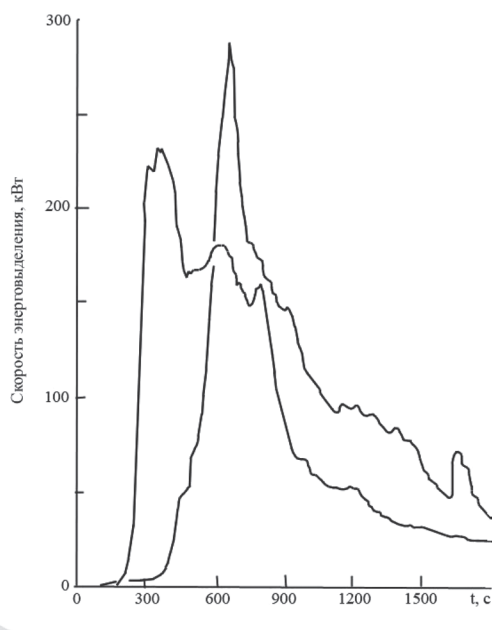


Рис. 17.5. Динамика тепловыделения при горении телевизоров [20, 21]

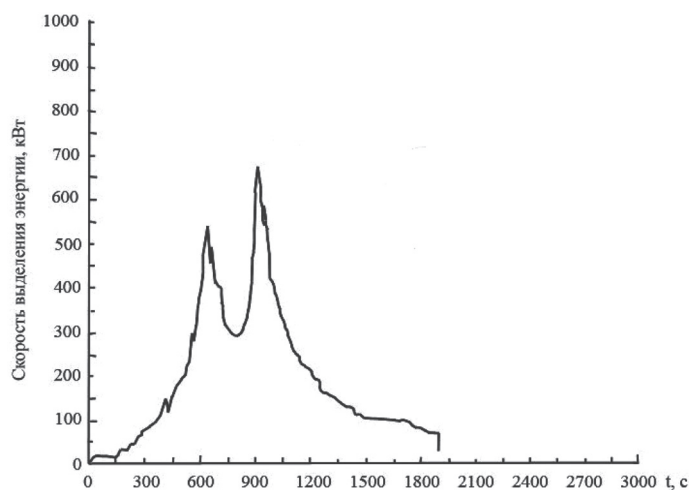


Рис. 17.6. Динамика тепловыделения при горении матраца [20, 21]

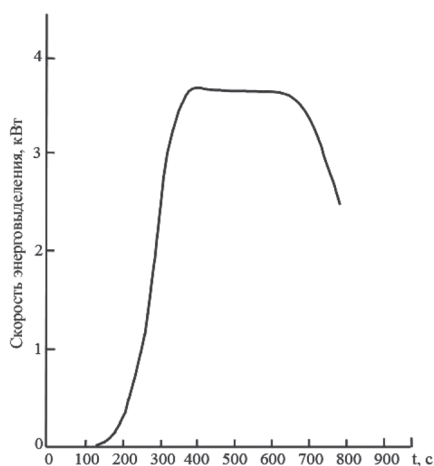


Рис. 17.7. Динамика тепловыделения при горении деревянных поддонов (паллет) [20, 21]

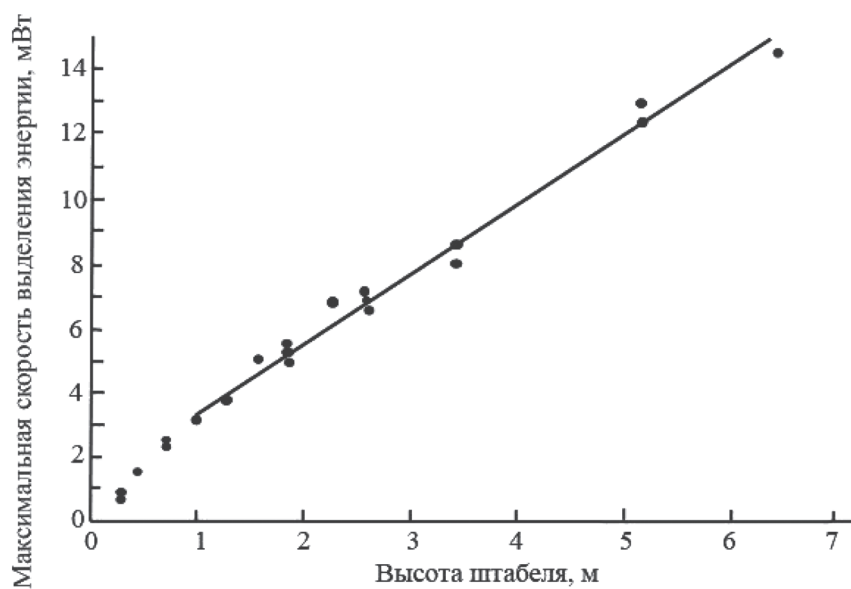


Рис. 17.8. Зависимость интенсивности тепловыделения при горении деревянных поддонов (паллет) от высоты штабеля [20, 21]

Существенным фактором является также **материал стен** в помещении, где происходит горение. Это хорошо видно на рис. 17.9 [1], который построен согласно приведенной выше формуле (17.1). Если материалы, которыми облицованы стены, имеют хорошие теплоизолирующие свойства (например, ДВП или полистирол), интенсивность тепловыделения, необходимая для общей вспышки, значительно меньше, чем при теплопроводных стенах. Даже, если пренебречь тепловыделением за счет горения этих облицовочных материалов.

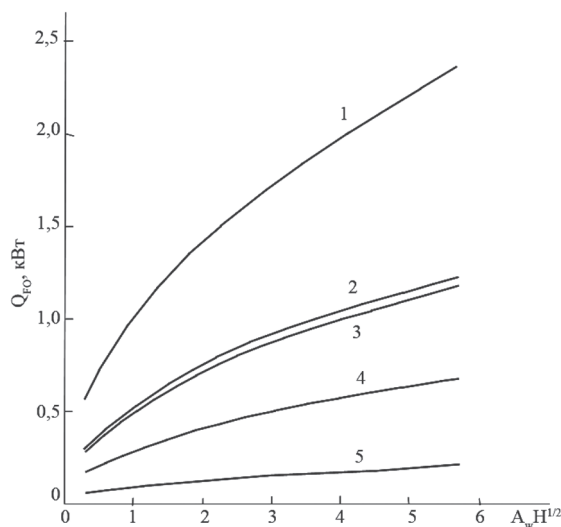


Рис. 17.9. Зависимости интенсивности тепловыделения, необходимого для полного охвата помещения пламенем, от параметра вентиляции $A_w H^{1/2}$ для различных материалов поверхности стен помещения размером 4x4 м и высотой 2,4 м [1]

Материалы с различными эффективными коэффициентами теплоотвода. (h_k , кВт/м²·К):

- 1 – кирпич ($h_k = 41 \cdot 10^{-3}$);
- 2 – ДСП ($h_k = 12 \cdot 10^{-3}$);
- 3 – сухая штукатурка ($h_k = 10 \cdot 10^{-3}$);
- 4 – слоистая теплоизоляционная плита ($h_k = 3,8 \cdot 10^{-3}$);
- 5 – пенополистирол ($h_k = 0,3 \cdot 10^{-3}$).

Динамика развития горения на начальной стадии пожара

Известно, что скорость развития пожара (рост интенсивности тепловыделения) примерно пропорциональна квадрату времени [21, 22]:

$$Q^* = \alpha_f (\tau - \tau_0)^2 \quad (17.2)$$

где:

Q^* – интенсивность тепловыделения, кВт;

α_f – коэффициент нарастания пожара, кВт/с²;

τ – время от начала пожара, с;

τ_0 – длительность первоначального периода зарождения пожара (индукционного периода), с.

Указывается, что коэффициент α_f , по видимому, лежит в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ кВт/с для очень медленно развивающихся пожаров до 1 кВт/с² для очень быстро развивающихся пожаров. Длительность первоначального периода зависит от характера источника зажигания и его расположения, а также характера горючего вещества.

Динамику развития горения отдельных видов мебели и прочих потребительских товаров и изделий трудно охарактеризовать какими-либо конкретными математическими выражениями. Поэтому в ряде литературных источников для подобного рода объектов принято использовать такую характеристику, как время достижения мощности тепловыделения в 1 мегаватт. Соответствующие данные, заимствованные из [21], приведены в таблице 17.2.

Таблица 17.2

Типичное время достижения 1МВт при горении различной пожарной нагрузки [21]

Наименование	τ_1, c
1	2
Штабель деревянных поддонов высотой 1 ½ фута	155–310
Штабель деревянных поддонов высотой 5 футов	92–187
Штабель деревянных поддонов высотой 10 футов	77–115
Штабель деревянных поддонов высотой 16 футов	72–115
Мешки с почтой, сложенные на высоту до 5 футов	187
Картонные коробки. 15 футов высотой, с сепарацией	58
Штабеля бумаги (вертикальные рулоны), высотой 20 футов	16–26
Одежда из хлопка и полиэфира на стеллажах высотой 12 футов	21–42
Стеллажи высотой 15-30 футов с обычными горючими веществами	39–262
Бумажная продукция, плотно упакованная в картонные коробки, на стеллажах высотой 20 футов	461
Полиэтиленовые «подносы» для писем, наполненные письмами, сложенные на высоту до 5 футов, на тележке	189
Полиэтиленовые корзины для мусора в картонных коробках, сложенные на высоту до 15 футов	53
Полиэтиленовые бутылки в картонных коробках с сепарацией, сложенные на высоту 15 футов	82
Полиэтиленовые бутылки в картонных коробках, сложенные на высоту 15 футов	72
Штабеля полиэтиленовых поддонов высотой 3 фута	145
Штабеля полиэтиленовых поддонов высотой 6-8 футов	31–55
Полиуретановый матрас (односпальный), расположенный горизонтально	115
Изоляционные плиты из пенополиуретана, сложенные на высоту 15 футов	7
Полистирольные банки в картонных коробках с сепарацией, сложенные на высоту 15 футов	53
Полистирольные ванны в картонной упаковке, сложенные на высоту 15 футов	115
Теплоизоляционные плиты из пенополистирола, сложенные на высоту 14 футов	6
Полиуретанстирольные бутылки в картонных коробках с сепарацией, сложенные на высоту 15 футов	8
Полипропиленовые ванны в картонных коробках с сепарацией, сложенные на высоту 15 футов	9
Полипропиленовая и полиэтиленовая пленка в рулонах, сложенная на высоту 14 футов	38
Спирт-ректификат в бочках, сложенных на высоту 20 футов	24-39

Данная характеристика зависит от состава и конфигурации изделий. Из таблицы 17.2 видно, что обычные полимерные материалы и изделия «разгораются» медленнее, чем вспененные полимеры, обеспечивающие самое «быстрое» горение. Еще медленнее процесс происходит в случае изделий из обычной древесины. А медленнее всего развивается горение бумажной продукции, плотно упакованной в картонные коробки (461с). Так, например, при примерно одинаковых условиях складирования на высоту 14-15 футов (~ 4,5 м), теплоизоляционные плиты из пенополистирола или пенополиуретана при загорании обеспечивают достижение скорости тепловыделения 1 МВт за 6-7 секунд; полиэтиленовая пленка в рулонах – за 38 с, а деревянные поддоны – за 72-115 с.

При ответе на вопросы, связанные с развитием горения, данная информация может быть использована для проведения соответствующих расчетов.

При решении же рассматриваемой в данной книге задачи, параметр «время достижения 1МВт» может быть использован и без расчетов – для **качественной оценки и описания процесса развития пожара**.

По сути, величина $\tau(1\text{МВт})$ характеризует динамику развития горения данного вида изделий на начальном этапе пожара, после периода индукции.

Известная из обстоятельств дела динамика развития горения на начальном этапе не должна противоречить сделанным экспертом предположениям о месте расположения очага пожара, «первоначальном топливе» и источнике зажигания или процессе, инициировавшем горение. При реконструкции начального этапа может понадобиться, например, отвести (или, наоборот, принять) актуальную версию о поджоге с применением дополнительных интенсификаторов горения. Как объяснить оппоненту, почему так быстро и интенсивно запылился штабель изделий из пенополистирола, если оппонент знает, как медленно разгорается аналогичная поленица дров? И потому полагает, что здесь не обошлось без поджога с применением ЛВЖ? Данные таблицы 17.2 помогают более-менее убедительно ответить на этот вопрос, объяснив, что быстрое развитие горения в данном случае вполне естественно, и обусловлено вполне объяснимыми физическими особенностями пожарной нагрузки. И, вероятно, не стоит в соответствии с известным афоризмом, «искать черную кошку в темной комнате, особенно, если ее там нет».

Использование результатов реконструкции в решении вопроса о причине пожара

Результаты реконструкции возникновения и развития пожара могут подтвердить предполагаемую экспертом непосредственную причину пожара, а могут ее поставить под сомнение и даже опровергнуть. Может, например, выясниться, что известные факты по пожару и последствия пожара (термические поражения материалов и конструкций и др.) не «состыковываются» с предполагаемым очагом пожара. Значит, очаг расположен не там, где предполагает эксперт, или этих очагов несколько, или существовали какие-то серьезные обстоятельства, повлиявшие на ход развития пожара и его последствия, которые эксперт не учитывает. Неопределенность же с очагом пожара ставит, соответственно, под сомнение и предварительные выводы по причине пожара.

Возможны также ситуации, когда последствия и известные обстоятельства пожара не объяснимы, если исходить из предполагаемого экспертом источника зажигания, его энергетических и иных характеристик.

Поясним сказанное выше на примерах.

В более ранних публикациях [4, 23] приводился пример пожара в оздоровительном центре. Там очаг пожара был установлен в коридоре центра, по месту нахождения одного из электрофенов для сушки волос. Однако на стадии судебного разбирательства одной из сторон была выдвинута версия о расположении очага совершенно в другом месте, в массажном кабинете. Соответственно, ставилась под сомнение установленная причина пожара (аварийный режим в электрофене) и наиболее вероятной причиной назывался поджог.

Логический анализ второй версии показал: в случае, если бы она имела место, то, учитывая особенности отделки массажного кабинета, горение развивалось бы значительно быстрее, чем было на самом деле, и физически не могли сложиться те термические поражения конструкций и предметов, которые были зафиксированы на данном пожаре. Необъяснимы, при условии поджога и развития пожара из массажного кабинета, и характерные термические повреждения одного из фенов, в котором предполагался «первичный» аварийный режим по первой версии.

Таким образом, реконструкция возникновения и развития пожара по «второму сценарию» показала его несостоятельность.

Второй пример [4] относился к гораздо более сложному и интересному с профессиональной точки зрения пожару, произошедшему в Большой физической аудитории Технологического института Санкт-Петербурга. Там с помощью комплексного инструментального исследования стен, стальных ферм перекрытия был выявлен очаг пожара – он располагался по месту нахождения остатков стола (кафедры) преподавателя. Там же были найдены провода с дуговыми оплавлениями, одно из которых имело признаки первичного КЗ.

Вывод по причине пожара из вышесказанного был очевиден. Однако реконструкция развития пожара из предполагаемого очага показала невозможность описать термические поражения в одной из комнат, примыкающей к аудитории. Если же предположить развитие пожара в обратном направлении – предположить, что очаг пожара располагался в этой комнате и далее распространился в Большую физическую аудиторию, то теперь уже термические поражения аудитории не соответствовали такому развитию событий.

Из вышесказанного эксперты сделали один вывод – в данном случае имели место два очага пожара. Они не имели между собой «электрической» и «огневой» связи, было очевидно, что это самостоятельные очаги пожара. Соответственно, пришлось пересмотреть выводы по причине пожара – «электротехническую» причину заменило «искусственное инициирование горения» [4].

Приведем и еще один, более свежий пример.

Пожар произошел в декабре месяце в одном из дальневосточных городов, в двухэтажном жилом доме. В доме, несмотря на зимнюю погоду, проводили ремонтные работы на чердаке и кровле. Была полностью заменена стропильная система, к ней прикреплена деревянная обрешетка и уложена гидроизоляция (рубероид); часть крыши была уже закрыта металлическим гофрированным профилем. Один из фронтонов чердачного помещения уже был зашит досками, другой еще нет.

Для производства ремонтно-строительных работ с трех сторон здания были установлены деревянные строительные леса. Кроме того, в каждом из двух подъездов имелся люк для выхода на чердак, закрытый на замок.

Перекрытия здания, в том числе между вторым этажом и чердаком, были пустотными, деревянными; пространство между деревянными балками было заполнено керамзитом (слой 8–10 см). Со стороны чердака был насыпан шлак, со стороны потолка имелся слой штукатурки толщиной 1–2 см.

Обнаружению пожара в форме открытого пламенного горения предшествовали следующие события. На втором этаже находилась квартира № 15, в которой имелась охранная сигнализация. Хозяева в ней на момент пожара отсутствовали; сигнализация, выведенная на центральный пункт охраны, включена. Около 5 часов ночи сигнализация в квартире сработала. На место в 05.24 прибыла дежурная группа, но внешних следов проникновения не обнаружила; металлическая дверь квартиры была не нарушена и закрыта на замок. Ни в окнах квартиры, ни на чердаке и крыше дома открытого огня не было, какие-либо признаки пожара отсутствовали. Вскрывать квартиру не стали, но через 5 минут после прибытия охраны через слуховые отверстия крыши пошел дым. С северной стороны дома, где отсутствовал фронтон, стали выходить клубы дыма, а из под козырька крыши по всему периметру стали выбиваться дымовые струйки. Пожарную охрану вызвали в 05 часов 45 минут, а еще через некоторое время охранник увидел, как «окно квартиры, выходящее на западную сторону, как вакуумом затянуло вовнутрь комнаты, раздался

сильный хлопок и... из под козырька и конька крыши стало выбиваться пламя. Огонь затягивался в оконный проем комнаты и уходил под потолок».

В результате пожара огнем оказалась повреждена крыша дома на всей площади, выгорела комната в квартире № 15.

Эксперт, анализируя возможные версии по причине пожара, остановился, как на наиболее вероятной, на версии загорания находившихся на чердаке материалов под воздействием тлеющего табачного изделия. Накануне днем на чердаке проводились строительные работы и указанные источники зажигания потенциально могли присутствовать. На чердаке в ходе ремонта пилили древесину, имелись опилки и, возможно, другие материалы, склонные к самоподдерживающемуся тлению. Тление на уровне пола могло возникнуть под действием указанных источников зажигания, уйти в перекрытие и там развиваться вплоть до образования прогара перекрытия. При горении в перекрытии дым, как полагал эксперт, постепенно просачивался в квартиру, что и привело к срабатыванию расположенных в квартире датчиков. В какой то момент перекрытие окончательно прогорело, его фрагменты посыпались в комнату, произошла резкая интенсификация горения, что снаружи и наблюдала прибывшая охрана.

В подобной экспертной реконструкции развития пожара на его начальной стадии есть несколько сомнительных и даже спорных моментов.

Во-первых, чтобы развиваться в течение 10-12 часов (если предположить, что строительный работы накануне закончились в 17–19 вечера), тлению нужна соответствующая среда. Предположим, там и было какое то количество опилок, но не кучи же и метровые слои, это ведь не деревообрабатывающий цех. А наполнение пустот перекрытия и внешнюю засыпку составляли шлак и керамзит – негорючие материалы. Как в них много часов мог существовать и развиваться очаг тления, в конечном счете, обеспечив прогорание еще и досок перекрытия, не очень понятно.

Во-вторых, обратим внимание, что дело происходило на Севере, в декабре, в пределах неотапливаемого чердачного помещения, т.е. при, надо полагать, минусовой температуре. Практически исключено, что при этом возможно было накопление тепла, необходимого для развития процессов тления, инициированных источником зажигания малой мощности.

В-третьих, непонятно, почему дым спускался сверху вниз, в закрытый объем квартиры (причем в количествах, при которых произошло срабатывание охранной (!) сигнализации), а не выходил вверх, в свободное пространство чердака и в атмосферу? Как отмечалось выше, чердак на время ремонтных работ был раскрыт с одной стороны и выход дыма должны бы были заметить, как заметили его, причем сразу достаточно интенсивный, около 05 часов 30 минут.

В-четвертых, не очень понятна (не объяснима с физической точки зрения) резкая вспышка в квартире, причем приведшая к разрушению оконного остекления. Эксперт попытался объяснить это накоплением в объеме квартиры продуктов неполного сгорания и вспышкой при прогорании и локальном разрушении перекрытия. Но тоже непонятно, почему эти горячие газообразные продукты пиролиза, которые легче холодного воздуха, не уходили вверх на чердак и на улицу, а напесовывались в объеме комнаты?

Очевидно, что реконструкция событий исходя из предполагаемого очага пожара (на чердаке) и причины (источник зажигания – тлеющее табачное изделие) показывает явные противоречия того, что предполагает эксперт, физическим законам развития горения и фактическим данным по пожару. Соответственно, ставится под сомнение предполагаемая причина пожара.

Позволим себе предположить иную картину развития событий.

Хотя прибывшая охрана обнаружила закрытую металлическую дверь в квартиру и констатировала ложное срабатывание, проникновение в квартиру, вероятно, всё-таки было, причем не через дверь, а через пролом (или пропил) в потолке, со стороны открытого чердака. (Очень маловероятно, но не исключено, что в квартире мог существовать и какой-то дополнительный люк, выходящий на чердак – это должно выяснить следствие у хозяев квартиры). Таким образом, «прямое сообщение» между квартирой и чердаком образовалось не во время пожара, а еще до него. И не за счет медленного прогорания перекрытия, а, так сказать, «механическим» путём.

Такое предположение многое объясняет и кардинально меняет ситуацию с предполагаемым механизмом возникновения горения.

Вспомним, что пожар был обнаружен по внезапному и интенсивному дымовыделению с чердака здания, а через некоторое время и вспышке в комнате с разрушением остекления.

Кстати, в своем заключении эксперт отмечает, что на месте пожара отмечался запах, похожий на запах бензина. Но дальнейшего исследования это важнейшее обстоятельство не получило – эксперт сослался на отсутствие в ИПЛ соответствующих приборов, необходимость назначения химической экспертизы для решения вопроса, есть ли остатки горючей жидкости и какой? При анализе экспертных версий по причине пожара возможное наличие следов ЛВЖ /ГЖ также не учитывалось – уж больно это не вписывалось в версию об окурке – причине пожара; и потом, охрана ведь утверждала, что проникновения в квартиру посторонних лиц не было, а владельцы квартиры уехали задолго до пожара.

Исходя из вышесказанного, вполне логичным представляется предположение, что причиной данного пожара является всё же **искусственное инициирование горения** (поджог). Злоумышленник, вероятно, забрался в квартиру через пролом в потолке, а, уходя по прибытии охраны, поджог ее, воспользовавшись для этого, по всей вероятности, легковоспламеняющейся жидкостью. Отсюда достаточно быстрая динамика развития пожара на стадии, которую наблюдали свидетели – то «ни дымка», то резко, по нарастающей, повалил дым. Затем же произошло, вероятно, описанное выше явление – «общая вспышка» в помещении, приведшая к разрушению окна. Фаза отрицательного давления, на проявление которой обратил внимание свидетель («*окно квартиры, выходящее на западную сторону, как вакуумом затянуло вовнутрь комнаты*») характерна как для объемного взрыва паро-газовоздушных смесей (см. главу 13), так и для второй стадии общей вспышки. А то, что, по показанию свидетеля, «*огонь затягивался в оконный проем комнаты и уходил под потолок*» свидетельствует о наличии мощной тяги через окно на чердак, возможное только при наличии прямого сообщения между комнатой и чердаком.

Данная причина пожара (поджог с применением ЛВЖ), расположение очага пожара в самой квартире (а не на чердаке или в перекрытии), наличие прямого сообщения (очевидно, в виде пролома) между объемом квартиры и чердаком в совокупности позволяют, по нашему мнению, описать механизм возникновения и развития горения в данном случае, вполне логично и не в противоречии с известными фактами.

К сожалению, в приведенном примере авторы вынуждены анализировать ситуацию чисто умозрительно. Безусловно, лучше, когда реконструкция подкрепляется фактическими данными и, совсем хорошо, когда ещё и расчетами. Надеемся, что в ближайшие годы это станет возможно благодаря соответствующим компьютерным программам, а также качественной работе дознавателей и экспертов на месте пожара по сбору необходимой информации.

Литература к главе 17

1. Д. Драйздейл Введение в динамику пожаров. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
2. Morris, W.A., Hopkinson, J.S. Fire behaviour of foamed plastics ceilings used in dwellings. Building Research Establishment. BRE CP 73/76. 1976.
3. Lee, B.T. Quarter scale modeling of room fire tests of interior finish. National Bureau of Standards, 1982, NBSIR 81-2453.
4. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). – СПб., СПбИПБ МВД России, 1997 – 560 с.
5. Theobald, C.R. The critical distance for ignition from some items of furniture. Fire Research note No. 736. 1968.
6. Pape, R., Waterman, T.E. Understanding and modeling preflashover compartment fires, in Design of Building for Fire Safety, eds E.E. Smith and T.Z. Harmathy, 1979, American Society for testing and Materials, STP 685.
7. Fang, J.B. Measurement of the Behavior of Incidental Fires in a Compartment. National Bureau of Standards. NBSIR 75-679, 1975.
8. Babrauskas, V. Will the second item ignite. Fire Safety Journal, 1982, 4, p. 281-292.
9. Friedman, R., Behavior of Fires in Compartments,” International Symposium Fire Safety of Combustible Materials, Edinburgh, Scotland, October 13-17, 1975, p. 100-113.
10. Takeda, H., Akita, K. Critical phenomena in Compartment Fires with liquid fuels. 18th Symposium (International) on Combustion, 1981, p. 519-527. The Combustion Institute, Pittsburgh.
11. Thomas, P.H., Bowes, P.C. Thermal ignition in a slab with one face at a constant high temperature. Transactions of the Faraday Society, 1961b, 57, p. 2007-2016.
12. Babrauskas, V. Williamson, R.B. Post flashover compartment fires. Application of a Theoretical Model, Fire and Materials, 1979, p. 3, 1-7.
13. Waterman, T.E. Room flashover – criteria and synthesis. Fire Technology, 1968, 4, p. 25-31.
14. Fang, J.B. Measurement of the Behavior of Incidental Fires in a Compartment. National Bureau of Standards. NBSIR 75-679, 1975.
15. Hagglund, B., Jansson, R., Onnermark, B. Fire development in residential rooms after ignitions from nuclear explosions. FOA Report C20126-D6 (A3), Forsvarets Forskningsanstalt; Stockholm; 1974.
16. Klitgaard, P.F., Williamson, R.B. Impact of contents on building fires, J. Fire and Flammability, 1975, Consumer Product Flammability Supplement, 1975, 2, p. 84-113.
17. Казиев М. Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. ВИПТШ, 1989.
18. Снегирев, А. Ю. Теоретические основы пожаро- и взрывобезопасности: горение неперемешанных реагентов : учеб. пособие/А. Ю. Снегирев, В. А. Талалов ; СПбГПУ. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 211 с.: ил.
19. NFPA-921. Guide for Fire and Explosion Investigations. NFPA, 2004.
20. Handbook of fire Protection Engineering. Copyright 1995, NFPA, Quincy, MA 02269.
21. Quintiere J.B. Principles of Fire Behavior. Delmar Publishers, N.Y. 1997 – 258 p.
22. Heskestad, G. Engineering relations for fire plumes. Society of Fire Protection Engineers, Technology Report 82-8, 1982.
23. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие / М.; ВНИИПО, 2001, 254 с.

ГЛАВА 18.

Подведение итогов экспертного анализа.

Формулирование выводов эксперта по причине пожара

- О вопросах, поставленных на разрешение
- О количестве рассматриваемых версий
- Как формулируется вывод по установленной (предполагаемой) причине пожара
- О поджоге как причине пожара
- Выбор формы вывода
- О допустимости вероятных выводов эксперта с юридической точки зрения
- Об «установленности» и «достоверности» причины пожара
- Раздел «Выводы» в экспертном заключении

В заключение этой книги позволим себе вернуться к ее началу.

Итак, определив очаг пожара (а это обязательная стадия, предшествующая установлению причины пожара), мы задаемся вопросом: так отчего же именно в этом месте могло возникнуть горение? Какие источники зажигания могли находиться в данной зоне и что они могли зажечь?

Результатом ответа на эти вопросы является выдвижение нескольких версий, которые нам предстоит проанализировать на основе имеющейся информации и своих познаний в области теории горения, физики, химии, электротехники и т.д. Имеющаяся информация может быть весьма обширной – показания свидетелей, подробные протоколы осмотра места пожара, изъятые вещественные доказательства, планы, схемы и т.д., а может быть весьма ограниченной. Из последней ситуации может быть два выхода:

- эксперт констатирует, что на основании данной информации ответить на поставленный вопрос (в данном случае – о причине пожара) не представляется возможным;
 - эксперт берется за дело и исчерпывающим образом анализирует выдвинутые версии.
- Авторы будут рады, если ему при этом пригодятся сведения, изложенные выше, в главах 1–15.

О вопросах, поставленных на разрешение

Изложение «на бумаге» результатов экспертного исследования обычно проводится в форме ответов на соответствующий вопрос (или вопросы), поставленные дознавателем, следователем или судом.

Вопросов может быть много и некоторые из них, по сути, об одном и том же. Эксперту могут, например, задать вопросы: «*Отчего произошел пожар?*», «*Какова причина пожара?*», «*Что послужило непосредственной причиной загорания автомобиля?*», «*Каков механизм возникновения горения?*» и т.д. Такие аналогичные по сути вопросы эксперт имеет право объединить (сгруппировать) и отвечать сразу на них на всех. При этом желательно в тексте ответа указать на их практическую идентичность. В разделе «Выводы» в этом случае также можно, по нашему мнению, дать объединенный ответ на указанные вопросы.

Если же вопросы близки по содержанию, но, все-таки не про одно и то же, результаты исследования по ним можно объединять в едином тексте, но выводы формулировать надо по каждому конкретно. Это относится, например, к вопросам типа «*Какова непосредственная причина данного пожара?*» и «*Какой источник зажигания привел к возникновению горения?*». Поскольку второй вопрос является составной частью первого, анализировать их можно вместе, но выводы должны быть сформулированы и приведены в тексте отдельно.

При изложении в тексте заключения вопросов, поставленных на разрешение, эксперт иногда испытывает определенные затруднения, связанные с тем, что вопросы поставлены с явным нарушением

норм лексики и здравого смысла. У эксперта возникает законное желание их отредактировать, чтобы сделать элементарно понятными. Тем не менее, во вводной части заключения вопросы должны быть даны точно в той формулировке, в какой они указаны в постановлении (определении) о назначении экспертизы. Если при этом, несмотря на нечеткость, несоответствие с принятой терминологией и т.д., смысл вопросов все-таки понятен эксперту, он имеет право их *переформулировать*, указав, как он их понимает в соответствии со своими специальными познаниями (но при обязательном приведении первоначальной формулировки). Если же смысл вопроса эксперту не ясен, он должен обратиться к органу или лицу, назначившему экспертизу, за разъяснениями [1].

Важное замечание содержится в п.2 ст. 204 УПК: *«Если при производстве судебной экспертизы эксперт установит обстоятельства, которые имеют значение для уголовного дела, но по поводу которых ему не были поставлены вопросы, то он вправе указать на них в своем заключении».*

В ГПК, также, как и в УПК, особо отмечается право эксперта включать в заключение выводы об обстоятельствах, по поводу которых ему не были поставлены вопросы, но которые эксперт установил в ходе исследования и полагает имеющими значение для рассмотрения и разрешения дела. (ГПК РФ, ст. 86)

Вопросы, поставленные по инициативе эксперта, излагаются также во вводной части, но после вопросов, указанных в постановлении (определении) о назначении экспертизы [1]

Не следует только злоупотреблять своим правом переформулировать вопросы и ставить дополнительные, что свойственно некоторым экспертам. Иногда лучше корректно уточнить суть вопроса в тексте.

О количестве рассматриваемых версий

Ещё раз, в дополнение к книге 1, обратим внимание на количество рассматриваемых версий возникновения пожара. Их перечень должен отражать *реальный спектр возможных ситуаций*, которые могли привести к возникновению горения в *данном конкретном случае*. И для принятия или отвода которых действительно *нужны специальные познания* эксперта. Очевидно, что они не нужны, чтобы понимать невозможность, например, загорания от фокусировки солнечных лучей глубокой ночью. Глубокомысленные рассуждения на данную тему способны лишь развеселить следователей и судей, но вряд ли могут внушить почтение к эрудиции эксперта.

В связи с этим упомянем весьма распространенный в экспертной среде методический приём, заключающийся в анализе 8 групп источников зажигания, которые включают *«Все возможные в природе, технике и быту источники зажигания».*

Во-первых, список можно дополнять и конкретизировать, так и не охватив «всё возможное». «Нельзя объять необъятное» – говорил Козьма Прутков и указанные 8 групп не являются исключением из данного правила.

Во-вторых, рассуждения на абсолютно неактуальные для конкретного рассматриваемого пожара темы часто подменяют серьезный анализ версий, действительно требующих такого анализа. Происходит имитация бурной работы экспертной мысли. Но квалифицированного оппонента она вряд ли убедит. Даже, если в конце написана стандартная фраза *«Таким образом, доказательно исключены из числа вероятных технических причин пожаров все возможные в природе, технике и быту источники зажигания, кроме...».*

Во всём мире существующие экспертные методики для того и требуют сначала установить очаг пожара, а потом уже разбираться с причиной пожара, чтобы *резко ограничить число возможных (реальных) источников зажигания* и не устраивать бесконечное (если проводить его серьёзно) рассмотрение *«всех возможных в природе... источников зажигания».*

И если четкое установление очага (очагов) пожара в конкретном случае действительно позволяет снизить число рассматриваемых версий, не надо эту возможность упускать и искусственно множить число анализируемых версий. Так, например, если в подъезде жилого дома обгорело снаружи несколько дверей на разных этажах без признаков горения на иных конструкциях и признаков

«огневой связи» между указанными зонами горения, то следует, по сути, рассмотреть только одну версию возникновения горения – поджог, подробно исследовав и описав его признаки – несколько не связанных между собой очагов, характерные зоны выгорания дверей, возможно – наличие следов и остатков интенсификаторов горения и т.д. Нужно объяснить, что такая картина термических поражений и иных признаков может сложиться только при одной причине пожара – искусственном инициировании горения (поджоге).

Не следует «для количества» погружаться в рассмотрение (если специально не спрашивают) версии самовозгорания, загорания от тлеющего табачного изделия и т.д.

Другая крайность – когда эксперт в более сложной, чем описанная выше, ситуации волевым, но неаргументированным, решением *«считает необходимым рассмотреть единственную версию...»*, также недопустима.

Как формулируется вывод по установленной (предполагаемой) причине пожара

Как известно, выводы эксперта должны базироваться на внутреннем убеждении, сложившемся у него в результате научного анализа представленных материалов. Часто такое внутреннее убеждение складывается, но вот внятно и аргументировано отразить его на бумаге у эксперта не всегда получается.

Остановимся на некоторых принципах анализа версий и формулирования выводов.

1. Если уж эксперт выбрал для анализа несколько (из десятков возможных!) версий, то их нужно детальным образом анализировать и объяснять, почему по мнению эксперта одни из них можно исключить, другие считать маловероятными и т.д.

Совершенно недопустимо отделяться бюрократической фразой типа *«из материалов дела эксперт не усматривает возможности возникновения пожара по причине...»*. Необходимо объяснить, что, собственно, он не усматривает (что «усматривалось» бы, если бы пожар возник по данной причине и почему). Иногда экспертный анализ версий вообще заменяется решительной фразой типа: *«Эксперт не усматривает возможности возникновения пожара по каким-либо причинам, кроме одной...»*. Решительно, но не убедительно.

2. Формулировка непосредственной (технической) причины пожара должна содержать (как уже отмечалось в главе 1 книги 1) описание механизма возникновения горения – какой источник зажигания или пожароопасный процесс имел место, что зажег этот источник зажигания и (по возможности) каким образом.

Формулировка выводов по результатам исследования, в том числе по причине пожара – дело творческое, здесь мало применимы шаблоны. Выводы – это сконцентрированное и исчерпывающее изложение полученной информации. Не больше, но и не меньше того, что установлено. При этом у нормального эксперта должно быть желание «устанавливать», а не «скользить по поверхности».

Эксперт должен понимать, в частности, что недостаточно при формулировании причины пожара просто указать, например, на тот или иной прибор, причастный к возникновению пожара, констатируя, что *«пожар произошел от электрокалорифера»*. Хорошо бы объяснить, что, собственно, произошло – электрический аварийный режим в калорифере или контактный нагрев попавшего на горячую поверхность какого-либо предмета, или нагрев чего-либо лучистым тепловым потоком, и т.д.

То же самое касается неэлектрических нагревательных устройств и других приборов и агрегатов. Нехорошо писать, что пожар произошел *«от печи»*. Это плясать народная мудрость рекомендует «от печи». Что же конкретно произошло с печкой – вывалилась из топки горящая головня, через образовавшиеся трещины выходили дымовые газы и вылетали искры, загорелись горючие материалы в зоне контакта с печью или дымоходом, загорелась сажа в дымоходе и т.д.? Каждый режим имеет характерные признаки (см. книгу 1) и они должны быть проанализированы.

3. По возможности, должно быть конкретизировано и понятие «*пожароопасный аварийный процесс*». Часто, например, под расплывчатое понятие «электрический аварийный режим» сваливают в единую кучу КЗ (полное и неполное), перегрузку по току, перенапряжение, большое переходное сопротивление и др. Конечно, бывают ситуации, когда материалы дела и состояние вещественных доказательств (если таковые вообще имеются) не позволяют добиться большей конкретики, тут ничего не поделаешь. Но пытаться разобраться, используя прямые и косвенные признаки протекания тех или иных конкретных режимов, все-таки необходимо.

4. Иногда при формулировании непосредственной причины пожара требуется указать не только источник зажигания и загоревшееся вещество, материал, предмет, а иногда и третий компонент «треугольника пожара» – окислитель, но и более подробно описать собственно механизм возникновения пожара, как того требует ситуационный анализ (см. главу 1).

Приведем простейший пример.

Трое рабочих пытались разжечь дровяную печь. Дрова сырые, печь еле тлела и рабочие решили плеснуть туда бензина. В результате один рабочий погиб, двое госпитализированы с сильными ожогами, строительная бытовка сгорела.

Эксперт формулирует техническую причину пожара как «воспламенение паров бензина при контакте с горячими углями».

Позволим себе задать по этому поводу несколько наивных вопросов.

Ну налили в печку бензина, ну произошло «воспламенение паров бензина при контакте с горячими углями». Ну так и хорошо, печка в результате разожглась, чего и добивались горе-истопники. А люди отчего пострадали, а пожар-то отчего случился? Печка хорошо горела, всем стало тепло и уютно.

Значит, есть что-то существенное, что не отразил в своем выводе эксперт.

Очевидно, что он не отразил **последствия воспламенения паров**, в результате которого горение вышло **за пределы** топки печи и, собственно, и произошел пожар и пострадали люди. Это надо было описать подробно в исследовательской части заключения, рассказав, что при таком воспламенении паров бензина в топке печи произошло резкое повышение давления с выбросом пламени из печи и загоранием как окружающих печь предметов, так и одежды, волос у находившихся рядом людей. Соответственно, вывод в таком случае следовало бы сформулировать примерно следующим образом: «*воспламенение паров бензина при контакте с горячими углями с выбросом пламени за пределы топки печи и загоранием окружающих печь предметов*».

5. В отдельных случаях в результате экспертного исследования может не быть установлен конкретный источник зажигания, а установлен только пожароопасный процесс и т.п. Но в этом случае надо подробно объяснять в тексте заключения, какие источники зажигания имеют место при данном процессе и как они могли инициировать горение.

Рассмотрим, например, процесс электро- или газосварки. При сварке существует несколько возможностей возникновения горения (см. главу 9 книги 1). Но все-таки загорание, например, при кондуктивном прогреве конструкций, часто можно отличить от загорания при разлете раскаленных частиц хотя бы по взаимному расположению места сварки и очага пожара. На основании этого и других признаков конкретизация источника зажигания весьма желательна.

Если же это невозможно сделать по имеющимся материалам, то эксперт, отметив данное обстоятельство в тексте заключения, должен говорить о процессе в целом, о причинной связи его протекания с возникновением пожара.

6. Бывают и обратные ситуации. В автомастерской одного из гаражей проводили сварочные работы на днище и порогах автомобиля, не вынув коврики и другие горючие материалы салона. В результате автомобиль загорелся.

В заключении специалиста говорилось, что технической причиной данного пожара явилось загорание автомобиля «*от искр, образующихся в процессе газосварки*». Простите, но почему именно искр?

Гораздо более опасным в такой ситуации является **кондуктивный прогрев** кузовных деталей, которые варят. Мощность, как источника зажигания, прогретого кислородной горелкой до температуры плавления стального листа, многократно превышает соответствующие характеристики летящих искр. Так что в этом случае надо говорить о пожароопасных факторах процесса в целом и двух возможных источниках зажигания – горячих поверхностях днища (в первую очередь) и искрах (во вторую).

7. В зависимости от полученной в результате экспертного исследования информации, может быть сформулирован и вывод, в котором вообще не конкретизирован источник зажигания или горючее вещество. В этом нет ничего страшного, более того – так в данном случае и должно быть. Эксперт не имеет право фантазировать, он должен опираться на установленные факты.

Например, в результате исследования материалов по сельскому пожару установлено, что загорелся стог сена, но не установлен источник зажигания. В этом случае эксперт может и должен сформулировать техническую причину пожара как **«загорание стога сена под воздействием неустановленного источника зажигания»**.

8. Возможно, что в указанном выше случае эксперт в результате проведенного анализа материалов все же несколько прояснил ситуацию с источником зажигания. Конкретно он его не установил, но в результате анализа версий пришел к выводу, что это не мог быть электрический аварийный режим (там нет электропроводки), рядом не проводили сварочных и других огневых работ, не ездили автомобили и комбайны и т.п. Т.е. техногенная причина пожара по его мнению в данном случае исключена. Такой промежуточный вывод представляет достаточно важную криминалистически значимую информацию и ее надо донести до правоохранительных органов. Поэтому в этой ситуации вывод может быть сформулирован как **«загорание стога сена под воздействием источника зажигания или пожароопасного процесса нетехногенной природы»**. Естественно, в тексте заключения нужно пояснить, что эксперт имеет в виду и почему он так считает.

9. В формулировке выводов по причине пожара, как, впрочем, и в ответах на другие вопросы, эксперт отвечает за каждое сказанное слово. И с этой точки зрения выводы должны быть самым тщательным образом проанализированы и откорректированы.

Эксперт, например, пишет, что пожар возник по причине **«воспламенения матраца от тлеющего табачного изделия»**. Позвольте, эксперт доказал, что при попадании окурка на матрац произошло именно **«воспламенение»**? Наверняка пожар возник не в форме пламенного горения, а в форме тления. Об этом свидетельствует и локальная зона вытлевания матраца, и характерная именно для тления динамика процесса. На самом деле эксперт установил, что произошло **загорание** матраца от попавшего на него окурка. И именно этот глагол должен быть употреблен в данном случае.

Аналогичным образом, «как огня» боясь слова «поджог», эксперты часто пишут:

«Пожар возник в результате воздействия открытого огня на... (те или иные горючие материалы и изделия)». Позвольте, но Вы доказали, что это был именно **«открытый огонь»**? Вы что, нашли на месте преступления факел, зажигалку, спичку, выявили признаки именно **открытого** огня? А если нет, то почему не предположить с таким же успехом, что злодей воспользовался смесью марганцовки с глицерином или иным средством, которые в большом количестве представлены выше, в главе 13?

Не говори того, чего не знаешь, но постарайся кратко, сжато донести до следствия и суда то, что **установлено**.

По поводу же «открытого огня», всё, что может позволить себе в описанной ситуации эксперт, это добавить фразу: **«По всей вероятности, это был источник открытого огня, поскольку именно такие источники зажигания наиболее распространены»**.

10. В экспертизе анализируется банальная ситуация, когда жарким сухим летом дачник жег на участке сухую траву, в результате сгорел и его дом, и 7 соседних. Сам виновник пожара рассказывает

в прилагаемом к материалам дела объяснении, как все это было, как огонь по траве подступил к его дому, в одном месте он затушил, а в другом не успел, заметил слишком поздно. С его участка горение распространилось и на участки соседей. Эксперт же в своем заключении пишет: *«пожар произошел... в восьми дачных домах»*. Произошел он, всё же, в одном доме, но распространился затем на остальные семь. Произойти, начаться в восьми домах он может в случае массового поджога, перенапряжения в электросети. Здесь же иной случай.

На вопрос *«Какова непосредственная причина возникновения пожара?»* эксперт отвечает: *«Возгорание сухой прошлогодней растительности произошло по причине заноса источника открытого огня в виде зажженной спички или подобному ему по температуре источника зажигания»*. А спрашивают ведь не про загорание прошлогодней растительности, а про **пожар**! Тут необходимо вспомнить определение понятия пожар – *«пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства»* [20]. Очевидно, что горение прошлогодней травы не причиняло материального ущерба, пока не загорелся дом, т.е. не было пожаром. Таким образом, в данном случае причину пожара корректнее формулировать как *«загорание конструктивных элементов дома гражданина Н. под воздействием пламени горящей травы»*.

11. Как правило, анализ отдельных версий у большинства экспертов сопровождается «теоретической частью» – описанием пожарной опасности того или иного источника зажигания, механизма возникновения пожароопасного процесса. Нелишним будет отметить, что эта «теория» должна иметь непосредственное отношение к рассматриваемому вопросу. Ни к чему рассказывать, что такое КЗ, перегрузка, БПС, как они возникают и каковы их признаки, а в заключение сообщать, что сарай, в котором возникло горение, неэлектрифицирован. Или вообще пожар произошел на торфяном болоте, за много километров до ближайшей линии электропередач.

В экспертизе по уже упомянутому пожару, который возник во время сжигания владельцем дома сухой травы, эксперт, зачем-то, на целую страницу пускается в рассуждения, что такое сено, а что такое солома, какие у них температуры воспламенения и самовоспламенения; сообщает температуру пламени горящей спички, то, что она *«полностью сгорает за 20 секунд»*, а также, что *«условиями воспламенения твердых горючих материалов от пламени спички являются их соизмеримость по сечению, материал должен не превышать влажности 20%, а также способа воздействия пламени спички на поверхность материала»*. Вероятно, эксперт хочет убедить нас в том, что спичкой можно зажечь сухую траву! Правда, далее он пишет: *«Чем именно, при помощи спичек, зажигалки или иным способом гр. О. зажигал данную траву, в материалах дела не указано»*. Вспоминается известный персонаж С.Филиппова: *«Есть ли жизнь на Марсе, нет ли жизни на Марсе – науке это не известно!»*

О «поджоге» как причине пожара

При формулировании выводов о причине пожара, наверное, наибольшие трудности у экспертов возникают в случае установленного или предполагаемого поджога. Проблема эта, по-видимому, чисто российского (точнее, советского) происхождения и существует благодаря некоторым авторам, которые в формулировке «поджог» усматривают претензию эксперта на квалификацию причины пожара как преднамеренного действия. Поэтому, чтобы не создавать сложности в судебных инстанциях, пожарно-технические эксперты избегают произносить слово «поджог» вне всяких обстоятельств, какие бы признаки этого явления не были бы выявлены и на какие вопросы они бы не отвечали. Рассуждения на тему поджога считаются выходом за пределы компетенции пожарно-технического эксперта и эксперты, как могут, изворачиваются, чтобы выполнить свой экспертный долг и донести все-таки до следователя и суда свое мнение о **криминальном механизме** возникновения горения, но при этом не произнести запретное слово.

Нужно сказать, что у самих юристов нет единого мнения о том, что термин поджог подразумевает непременно злой умысел, наказуемый по соответствующей статье УК. Так, в весьма авто-

ритетном юридическом издании – Большом юридическом словаре [2], термин поджог трактуется как *«умышленное или неосторожное поджигание предметов таким образом, что пожар в состоянии распространяться дальше самостоятельно после удаления средств воспламенения»*. Точно такое же определение поджога содержится в Криминалистическом словаре 1993 года издания [3]. Там же упоминается понятие *«умышленного поджога»*, который, в соответствии с УК РФ *«...рассматривается не как отдельный состав, а как общеопасный способ совершения преступлений (умышленного уничтожения или повреждения имущества, умышленного уничтожения или повреждения лесов, терроризма, диверсии)»* [2].

Действительно, в статье 167 УК РФ *«Умышленное уничтожение или повреждение имущества»*, часть 2, говорится: *«Те же деяния, совершенные из хулиганских побуждений путем поджога, взрыва или иным общеопасным способом, либо повлекшие по неосторожности смерть человека или иные тяжкие последствия»*.

Очевидно, что под словом «поджог» в Законе понимается *способ, механизм совершения преступления*, которое именуется *«Умышленное уничтожение или повреждение имущества»*. Таким образом, правоприменитель рассматривает поджог как **технический факт наравне со взрывом, ДТП и т.д.**

В то же время, как известно, поджог (например, сухой травы) может приводить к *неумышленному* уничтожению или повреждению чужого имущества и тогда данное событие квалифицируется, в соответствии со ст. 168 УК РФ как *«уничтожение или повреждение имущества по неосторожности»*. В зависимости от конкретных обстоятельств, установленных следствием и судом, то же событие может быть квалифицировано по ст. 219 УК РФ *«Нарушение правил пожарной безопасности»* или ст. 261 УК РФ *«Уничтожение и повреждение лесов»*. Наконец, поджог может быть следствием детской шалости с огнем и тогда вообще наступает всего лишь административная ответственность родителей.

Таким образом, с пожарно-технической точки зрения поджог может рассматриваться всего лишь как *процесс инициации пожара человеком*. Эксперт выявляет его физические признаки и констатирует их наличие или отсутствие. Далее – дело следствия и суда – в зависимости от последствий, наличия умысла в действиях виновного лица (умысел, понятное дело, устанавливают правоохранители, а не эксперт), его возраста и т.д., следствие и суд квалифицируют содеянное [4].

Приведем ещё один аргумент в пользу использования термина «поджог» в пожарно-технической экспертизе. Известно, что Закон не только не запрещает эксперту обсуждать и раскрывать механизм совершения преступления, но и обязывает делать это в отдельных видах экспертиз. Более того, диагностика механизма возникновения пожара, обстоятельств возникновения горения является одной из ключевых задач, решаемых пожарно-технической экспертизой. Это относится, в частности, и к **диагностике поджога и его средств** [5, 6]. При этом могут решаться, например, такие вопросы:

- Есть ли признаки возникновения пожара вследствие поджога?
- Могли ли предметы, обнаруженные на месте пожара и представленные на экспертизу, составлять устройство, приспособление для совершения поджога?
- Является ли данное устройство зажигательным и каков принцип его работы?
- Обеспечит ли данное устройство зажигание данного вещества, материала, предмета при указываемых условиях?
- Свидетельствуют ли результаты исследования представленных объектов об определенном способе совершения поджога?
- и так далее [5, 6].

Подведем итог вышесказанному.

1. Версию поджога следует выдвигать и рассматривать в обязательном порядке, если, судя по обстоятельствам дела, на то есть хотя бы малейшие основания.

2. На стадии выдвижения и анализа версии надо разделять **поджог** и версию **загорания от открытого огня** (применение свечей и факелов для освещения, разведение костров, сжигание мусора, отопление замерзших труб паяльными лампами и т.д.)

3. Употребление пожарно-техническим экспертом термина «поджог» как непосредственной причины пожара, правомерно и находится в пределах его компетенции. Установление факта поджога в данном случае является результатом решения чисто технической задачи по выявлению и фиксации соответствующих признаков этого процесса. Очевидно, что эксперт при этом не устанавливает виновное лицо, наличие или отсутствие злого умысла и другие обстоятельства не технического плана, определяющие судебное решение.

4. Для сомневающихся в правомерности п.3, может быть предложена альтернативная формулировка: «Искусственное инициирование горения». Хотя не ясно, чем эта формулировка принципиально отличается от термина «поджог».

5. С прочими, альтернативными термину «поджог», формулировками, следует быть весьма осторожными. Необходимо исходить из главного принципа – в выводах, особенно категорических, должно быть только то, что **установлено**, и не должно быть того, что не установлено.

Так, например, самая распространенная формулировка, заменяющая короткое и информативно емкое слово «поджог», звучит обычно следующим образом: «*Возникновение горения от занесенного извне источника открытого огня*». Не будем критиковать канцелярски-корявый стиль, попытаемся вникнуть в суть, ибо ни одно слово в выводе эксперта не может быть случайным. Во-первых, откуда это, «извне»? Если разбили стекло в доме или автомобиле и забросили внутрь помещения (в кабину автомобиля) горящий факел, то слово «извне» еще несет какую-то смысловую нагрузку. А если автомобиль или дом, сарай и т.п. подожгли снаружи?

Во-вторых, какие признаки того, что это был именно **открытый** огонь, а не тлеющий источник или пирофорный состав? Ведь поджечь можно и без открытого огня – вспомним наших бойцов, поджигающих фашистские танки с помощью «коктейля Молотова»! Утверждать, что источником зажигания был именно «открытый огонь», можно, только если в очаге пожара найдены обгоревшие остатки факела, обугленные спички, коробки от них, свеча, зажигалка, микрофакел (большая зажигалка для хозяйственных нужд) и т.д.

6. Если же у эксперта ничего конкретного по источнику зажигания нет, техническую причину пожара, возникшего вследствие поджога, можно сформулировать и так: «**загорание (такого то материала, вещества, изделия) от неустановленного источника зажигания**». Это будет вполне корректно, поскольку природу этого источника действительно не установили. Но обязательно, в случае, если выявлены признаки поджога, затем в выводе нужно добавить: «**Имеются признаки поджога, указанные в тексте заключения**». Это важнейшая криминалистически – значимая информация, во многих случаях более ценная, чем многие иные наши выводы. И она обязательно, как того требует закон, должна быть отражена в тексте заключения и выводах.

7. Признаки поджога могут быть приведены в кратком виде и в самих выводах. Это могут быть известные квалификационные признаки поджога – наличие двух и более очагов пожара, обнаружение остатков средств поджога или следов их воздействия на окружающие конструкции и предметы и др. Формулировка вывода в этом случае и должна строиться на этих признаках. Если, например, вывод о поджоге базируется на установленном наличии 3-х очагов и следов бензина в них, но при этом природа источника зажигания неизвестна, то вполне корректно констатировать, что *пожар возник в трех несвязанных между собой очаговых зонах от неустановленного (ных) источника (источников) зажигания в присутствии инициатора горения (бензина)*. Если установлено, какие конкретно объекты, предметы, материалы, находящиеся в очаговых зонах, загорелись под воздействием источников зажигания (были подожжены), это тоже должно быть отражено в тексте вывода. Очевидно, что в указанном случае эксперт скажет только то, что действительно установил в ходе исследования и его трудно упрекнуть в выходе за пределы своей компетенции.

8. Возможен и вариант формулировки для убежденных сторонников термина «открытый огонь»: «**загорание (такого то материала, вещества, изделия) от неустановленного источника зажигания, предположительно (наиболее вероятно) – источника открытого огня**». В этом случае к категорическому выводу добавляется «предположение» о природе, характере источника зажигания. Но тогда в тексте заключения надо разъяснить, почему вы считаете наиболее вероятным источни-

ком зажигания именно «открытый огонь» – по причине наибольшей распространенности при поджогах или какой-то иной. Добавление про **«признаки поджога»** и в этом случае также необходимы.

9. Иногда термин «поджог» заменяют на «возникновение горения от *постороннего источника зажигания*». Эта формулировка в общем контексте экспертного заключения часто оказывается весьма неконкретной, но в отдельных случаях она может оказаться вполне уместной, если не формальна, а несет определенную смысловую нагрузку. Например, если установлено, что горение автомобиля возникло внутри моторного отсека, но не по причине аварийного режима в штатной (бортовой) электросети или сигнализации, а также утечки и попадания горючих жидкостей на нагретые поверхности, то, возможно, уместен вывод, что горение возникло от *«постороннего источника зажигания»*. Слово «посторонний» в данном случае подчеркивает непричастность к возникновению пожара каких-либо пожароопасных аварийных процессов, которые могут возникать в самом автомобиле без вмешательства извне. Если при этом автомобиль загорелся на стоянке, при «холодном» коллекторе, то даже неспециалистам очевидно, что причиной пожара мог быть либо электрический аварийный режим, либо внешнее тепловое воздействие (поджог). В этом случае нелишним будет уточнение, что горение возникло от *«постороннего источника зажигания неэлектрической природы»*.

10. Не следует также забывать, что эксперт, выявив в процессе экспертного исследования важную для следствия информацию, имеет право сам ставить необходимый вопрос и сам на него отвечать. Подобным образом также можно разрешить ситуацию, дополнительно поставив вопрос о механизме возникновения горения в данном случае, или вопрос «Имеются ли в данном случае признаки поджога и, если имеются, то каковы они?»

Как видим, терминологическая проблема «поджога» имеет достаточно много вариантов решения; они могут выбираться в зависимости от конкретных обстоятельств.

Выбор формы вывода

Как известно, выводы эксперта по форме могут быть категорические, вероятные (по-русски лучше звучит – вероятностные), условные и отрицательные [7-9].

Чаще всего пожарно-техническому эксперту приходится выбирать между двух форм выводов – категорической («причиной пожара является...») и вероятностной («вероятной причиной...» или «причиной, наиболее вероятной...»). При этом критерии, по которым оказывается предпочтение той или иной формулировке, достаточно неопределенны.

Обычно решающее значение здесь оказывают субъективные факторы. Чем менее опытен эксперт, тем меньше его мучают сомнения в собственной правоте и тем чаще он формулирует категорические выводы. Иногда решающим аргументом при выборе формулировки оказывается боязнь не угодить следователю, или показаться недостаточно профессиональным специалистом.

Очевидно, однако, что должны быть более объективные и принятые экспертным сообществом критерии выбора той или иной формулировки.

Как нам представляется, критерий здесь должен быть очень простой – **категорический вывод допустим только при наличии твердых доказательств данной версии.**

Это относится к решению любых вопросов, ставящихся на разрешение ПТЭ – об очаге, о причине пожара и др.

Под **доказательствами** надо понимать в первую очередь наличие **материальных объектов** – носителей криминалистически значимой информации **в комплексе** с иной известной из материалов дела информацией.

При установлении очага пожара такими объектами могут быть выявленные по результатам анализа материалов дела признаки очага пожара и направленности распространения горения. При этом анализом распределения пожарной нагрузки, условий воздухообмена, особенностей тушения и других факторов должно быть доказано, что это действительно очаг пожара, а не очаг горения. Значительно усиливает позицию эксперта наличие в качестве доказательства результатов инструментальных исследований (квалифицированно выполненных, а не так, что «лучше бы не применяли»).

При решении вопроса о причине пожара, вещественными доказательствами, на которые «опираются» категорические выводы, могут быть характерные следы протекания пожароопасных процессов – дуговые оплавления проводов или трубы с прожогами, анализ которых инструментальными методами показал наличие признаков первичного КЗ; остатки лампочек накаливания с характерными признаками дуги между никелевыми электродами; ТЭНы с характерными прожогами; остатки горючих жидкостей, пиррофорных составов, поджигающих устройств и других квалификационных признаков поджогов; и т.д.

Указанные вещественные доказательства должны быть обнаружены в очаге пожара, а не в ином месте или должна быть выявлена их связь с очаговой зоной.

Вторым неперемным условием категорических выводов является предшествующий этим выводам **комплексный анализ результатов**, полученных в ходе анализа материалов дела.

Категорическому выводу по «электротехнической версии» должен предшествовать анализ (и учет) состояния всей электросети (автоматы, предохранители, рубильники, признаки нахождения прибора, устройства под напряжением) и т.д., проанализирована схема электропитания, проведены необходимые расчеты.

Не должно быть фактов, противоречащих предполагаемому категорическому выводу или они должны быть логически объяснены на основе известных закономерностей возникновения и развития горения.

Исходя из предполагаемого очага должна быть проведена реконструкция процесса возникновения и развития горения во времени и в пространстве и полученные результаты должны укладываться в известные обстоятельства пожара [10].

В качестве иллюстрации приведем пример пожара, подробное описание которого читатель может найти в [11].

Пожар на пассажирском теплоходе «Приамурье» произошел в японском порту Осака и привел к значительным человеческим жертвам. При расследовании этого пожара не было получено свидетельских показаний, хоть как-то проливающих свет на возможную причину пожара. И, тем не менее, осмотр места пожара и исследование изъятых при этом объектов позволил выстроить следующую цепочку установленных фактов:

а) В ходе статического осмотра, оценкой термических поражений конструктивных элементов судна, была выявлена очаговая зона площадью около... м².

б) При динамическом осмотре на полу в пределах этой зоны был обнаружен локальный участок выгорания коврового покрытия; на остальной площади пола ковер сохранился. В пределах этого участка имелся небольшой участок выгорания не только ковра, но и лежащего под ковром линолеума. Данный участок площадью около... см² практически примыкал к борту каюты.

в) Исследование карбонизованного слоя краски, покрывающей кожух трубы отопления, проходящей вдоль борта каюты, позволила выявить зону наибольших термических поражений протяженностью около 15 см. Она совпадала с зоной выгорания линолеума на полу.

В данной зоне, находящейся посередине прохода между койками у противоположной от двери стороне каюты, и пожарная нагрузка была явно меньше, чем в других зонах каюты, и условия воздухообмена хуже. Тем не менее, термические поражения были максимальны, и это позволяло утверждать, что обнаруженный участок выгорания линолеума и есть зона очага пожара.

г) В найденном очаге пожара, в прогаре линолеума, были обнаружены стекла от тонкого стакана.

д) Там же был найден электрокипятильник.

е) Инструментальные исследования кипятильника (определение микротвердости трубки ТЭНа на различных ее участках) позволило констатировать, что кипятильник определенное время работал в аварийном режиме – без воды – разогревшись при этом до температуры 700-800 °С.

ж) Шнур у кипятильника отсутствовал (это вполне объяснимо – многопроволочные провода при перегреве становятся хрупкими и часто рассыпаются). Но расстояние от очаговой зоны до

места расположения ближайшей электророзетки было таково, что при стандартной длине шнура кипятильник **мог** быть включен в сеть.

з) *Заключительной стадией перед превращением тезиса о «предполагаемой» причастности электрокипятильника к возникновению пожара в причастность «установленную», была проверка, насколько данная версия укладывается в известные из материалов дела временные рамки.*

Был проведен эксперимент по определению времени, необходимого для выкипания воды из стакана с последующим его разрушением и выпадением кипятильника на пол. Для эксперимента был взят стакан, аналогичный найденному, и кипятильник такого же типа и мощности. Оказалось, что для этого необходимо 27-28 минут.

Из обстоятельств дела было известно, что подозреваемый вернулся в каюту и лег спать около 12 часов ночи, а пожар был обнаружен около 12.30. Совпадение времени реального и времени реконструкции очень точное и это подтверждает анализируемую версию.

Выстроенная цепь доказательств позволила с достаточной уверенностью сформулировать как очаг, так и причину пожара в категорической форме. Работа экспертов была подтверждена в ходе судебного процесса, в том числе – признательными показаниями обвиняемого.

Очевидно, что далеко не на каждом пожаре удастся установить очаг в пределах 15 см. зоны, найти источник зажигания и с точностью до минут свести временной баланс. Тем не менее, тезис о необходимости «иметь вещественные доказательства версии» и «свести концы с концами», прежде, чем иметь смелость сформулировать категорический вывод, вероятно, следует признать обоснованным.

Сложнее решить вопрос о правомерности категорических выводов в ситуации, когда нет материальных доказательств, но имеются **свидетельские показания**, позволяющие утверждать что-либо. Вероятно, в этом случае можно принять следующее правило: категорический вывод возможен при наличии уверенных и однозначно трактуемых показаний, как минимум, двух незаинтересованных лиц. При этом, как и в описанных выше ситуациях:

- не должно быть фактов, противоречащих такому выводу;
- реконструируемый исходя из предполагаемой версии процесс возникновения и развития горения во времени и в пространстве, не должен иметь изъянов и необъяснимых моментов с точки зрения законов горения, а результат реконструкции соответствовать (или, как минимум, не противоречить) известным из материалов дела фактам.

При этом в тексте заключения обязательно нужно акцентировать внимание на том, что вывод, по причине отсутствия иных (объективных) данных делается на основе исключительно свидетельских показаний. Возможно в этом случае и формирование **условного** вывода.

Категорический вывод о непосредственной (технической) причине пожара не может, по нашему мнению, базироваться **только на исключении других версий**. К сожалению, исключение прочих выдвинутых версий на основе логических построений очень редко может дать 100% гарантию их действительного исключения. Кроме того, трудно гарантировать, что эксперт выдвинул и проанализировал действительно все возможные версии и не упустил самую невероятную, но (кто бы мог подумать!) на самом деле приведшую к пожару.

О допустимости вероятных выводов эксперта с юридической точки зрения

Вопрос о допустимости вероятных выводов эксперта (не только и не столько пожарно-технического, а судебного эксперта вообще) на протяжении многих лет является предметом острых дискуссий. [12]. Ряд авторов считает вполне возможным использование таких выводов в качестве судебных доказательств [13-16], другие решительно против этого возражают [17-19].

Специфика пожарно-технической экспертизы и сложность пожара как объекта ситуационного анализа, безусловно свидетельствует, по нашему мнению, в пользу возможности, допустимости и, более того, полезности для следствия и правосудия в целом таких выводов. Коль уж так получилось, что в конкретной ситуации часто не могут быть даны выводы категорические.

Тем не менее, полагаем, что читателям будет интересно существующее в настоящее время мнение об использовании вероятных выводов в судопроизводстве авторитетных правоведов. Достаточно глубоко эта проблема исследована известным специалистом в этой области, профессором Ю.К. Орловым [12].

По своей логической природе, указывает автор, вероятные выводы выполняют ту же роль в процессе доказывания, что и косвенные доказательства. Любое косвенное доказательство подтверждает обосновываемый тезис лишь с известной долей вероятности и только их совокупность позволяет сделать категорический вывод. Именно из «суммы» вероятностей, вопреки распространенному мнению, возникает, как правило, достоверное знание.

Какова практическая роль вероятных заключений в ходе доказывания фактических обстоятельств дела? Прежде всего, они могут служить для достоверного установления сделанного экспертом вывода в совокупности с другими доказательствами. Кроме того, такой вывод может использоваться и для логического обоснования других фактов, как это обычно бывает при оперировании косвенными доказательствами. [12].

В правовом отношении, пишет Ю.К. Орлов, вероятный вывод эксперта не имеет, по сравнению с другими доказательствами, каких-либо существенных особенностей, делающих невозможным его использование в процессе доказывания.

У рассматриваемой проблемы, отмечает автор, есть, наконец, и прагматический аспект. ***«Противники вероятных заключений нередко аргументируют свою позицию тем, что такие заключения приносят практический вред делу правосудия, вводя в заблуждение следствие и суд, которые переоценивают их доказательственное значение. Действительно ли дело обстоит таким образом? Конечно, доля опасности в этом есть, но она не идет ни в какое сравнение с последствиями запрета дачи вероятных заключений. Это может привести либо к потере ценной доказательственной информации, либо, что еще хуже, к искусственному «подтягиванию» вероятных выводов до уровня достоверных.»***

Этот «прагматический аспект» представляется нам одним из самых важных в рассматриваемом вопросе. Не секрет, что вероятные выводы не удобны для дознания, следствия. И представители данных органов нередко всячески подчеркивают их нежелательность, а ретивые начальники рассматривают такие выводы как брак в работе эксперта, неумение «однозначно» установить причину пожара. Конечно, можно в нарушение существующих законов проигнорировать процессуальную независимость эксперта и приказать, чтобы 100% выводов были категорическими, а заключение эксперты давали в течение 1 суток. Но чего мы этим добьемся?

Нельзя забывать также, пишет Ю.К. Орлов, что ***«...причины дачи вероятных выводов кроются отнюдь не только в недостатках экспертной работы субъективного характера, в некомпетентности или недобросовестности отдельных экспертов. Они имеют объективные основания – недостаточность или недоброкачественность представленных на исследование объектов, отсутствие научно-обоснованных методик и т.п. Поэтому совершенно прав А.И. Винберг, который еще в 1956 году предостерегал [13], что сокращения количества вероятных заключений можно достигнуть не посредством административных мер и запретов, а лишь путем позитивного решения методических проблем экспертного исследования»*** [12].

Об «установленности» и «достоверности» причины пожара

Иногда далекие от экспертизы пожаров люди спрашивают: «А точно установлено, что именно это истинная причина пожара?».

«Истинность» и «достоверность» любой «установленной» причины пожара в общем то относительна. Не существует «машины времени», позволяющей вернуться к моменту возникновения пожара и увидеть, как все было на самом деле. ***Установленная причина пожара по сути дела есть не что иное, как лучшее имеющееся объяснение реальных фактов.***

В этом нет ничего плохого и ущербного, неполноценного. Она сродни большинству научных теорий, законов естествознания, физики, химии. Действительно, никто не может подтвердить

«личными наблюдениями» истинность теории Дарвина о происхождении человека. Как и иных теорий этого происхождения. И существование атомов, их строение и движение – тоже только теория, наилучшим, общепризнанным образом отражающая наши представления о материи и объясняющая известные науке факты. И даже представления об электричестве как потоке электронов. Все это считается «истинным и достоверным» до появления данных, которые противоречат этим логическим построениям или пока не будет предложена новая теория, которая окажется лучше.

Точно так же наша «установленная» (на основе имеющейся в распоряжении эксперта информации!) причина пожара может быть подвергнута сомнению в связи с новыми появившимися данными и, как говорят юристы, «вновь открывшимися обстоятельствами». Пока же она представляет собой наше **научное объяснение механизма возникновения горения на основе комплекса имеющейся информации.**

Отсюда очень важно при написании экспертизы четко обозначить этот массив информации, на основе которого решается вопрос о причине пожара – протоколы осмотра места пожара, показания очевидцев, результаты инструментальных исследований и т.д. И все с указанием фамилий, дат, страниц, томов и т.д.

Раздел «Выводы» в экспертном заключении

Как известно, заключение эксперта должно состоять из трех обязательных частей: вводной части, исследовательской части и выводов.

В Выводах содержатся ответы на поставленные вопросы, в том числе на вопрос о непосредственной причине пожара. Остановимся на некоторых требованиях, предъявляемых к этой части заключения пожарно-технического эксперта.

Заметим, что раздел «Выводы» обязателен в любом заключении эксперта. Несмотря на то, что в исследовательской части ответ на каждый вопрос уже, по сути, заканчивался выводами. В разделе «Выводы» их придется повторить.

Объем выводов

В Выводах должен содержаться ответ на *каждый поставленный вопрос*. Соответственно, Выводы должны содержать количество пунктов соответствующее количеству поставленных вопросов. Объединять можно только ответы на абсолютно идентичные по сути вопросы (см. выше).

Каждый пункт Выводов должен быть предельно лаконичен, чтобы суть ответа не терялась в лишних словесах. Не надо длинных преамбул типа «Исследованием таких-то и таких-то материалов, поведенных такими-то методами... установлено, что...», а также повторений даты пожара, места пожара, номера уголовного дела и т.д, если речь идет об одном пожаре и все его «атрибуты» уже указаны выше по тексту. Спрашивают «*Какова непосредственная причина пожара?*» – отвечаем: «*Непосредственной причиной пожара явилось...*»

Соответствие ответа поставленному вопросу

Очень многие эксперты, даже опытные и квалифицированные, часто не замечают, что, увлекшись изложением своего мнения, по сути, отвечают не на поставленный вопрос. Этот момент обязательно нужно контролировать и при подготовке выводов еще раз сравнить вопрос и ответ. Если спрашивают про непосредственную причину пожара, надо указывать причину, а не только источник зажигания (на различие этих понятий указывалось в главе 1). Спрашивают, как отмечалось выше, про причину загорания дома – не надо рассказывать про источник открытого огня, которым подожгли траву в поле.

Соответствие вывода результату исследования

Эксперты знают, что проведя, например, ультразвуковое исследование железобетонных конструкций и холоднодеформированных изделий магнитным методом, они выявляют пока только зону наибольших термических поражений, но ещё не стопроцентный очаг пожара. Соответственно формулируется и вывод по результатам исследования.

Аналогичным образом, из того факта, что в результате исследования изъятых на месте пожара объектов установлено наличие на проводе оплавления с признаками первичного КЗ или наличие следов ЛВЖ в грунте, напрямую не следует вывод, что причиной пожара послужило, соответственно, КЗ или поджог. Такой вывод может быть только следствием анализа *всех материалов дела*, при этом ПКЗ провода или наличие ЛВЖ в грунте будут одним из аргументов в пользу соответствующей версии.

Исключение расширительной трактовки результатов

Необходимо следить за тем, чтобы результаты исследований одних материалов, изделий и т.д. не распространялись автоматически на, может быть, и подобные, однотипные, но *другие* приборы, оборудование, изделия, а также иные обстоятельства произошедшего.

Особенно это касается следственных и экспертных экспериментов.

Часто следователи просят в обоснование той или иной версии провести следственный эксперимент – а произойдет ли загорание, как полагает в своем заключении эксперт, если воспроизвести обстановку очага пожара, поставить такой же нагревательный прибор и т. д.?

Нужно помнить, что невозможно во всех мельчайших деталях воспроизвести обстановку, точно так же нет двух абсолютно идентичных приборов, особенно побывавших в эксплуатации. Крайне сложно моделировать самовозгорание, загорание от источников малой мощности, разрядов статического электричества и ряд других процессов.

Поэтому, строго говоря, загорание при эксперименте никак не может быть прямым доказательством причастности аналогичного прибора, похожего источника зажигания к возникновению пожара. Такой эксперимент лишь подтверждает, что загорание в условиях, близких к моделируемому, **могло** произойти. Обратный вывод невозможен – если не загорелось, это не значит, что не могло загореться на реальном исследуемом пожаре!

Соблюдение формы выводов, исключение метаморфоз вероятностных выводов в категорические и наоборот.

Выше уже отмечалось, что эксперт должен определиться с формой выводов:

- категорические (*Непосредственной причиной пожара явилось...*)
- вероятные (*Наиболее вероятной (вероятными) причинами пожара явились...*)
- условные (*При условии... непосредственной причиной пожара явился...*)
- отрицательные (*Установить причину пожара исходя из имеющихся в деле материалов не представляется возможным*).

Выбранной формы надо придерживаться при переходе из «Исследовательской части» к «Выводам». Странно выглядит ситуация, когда вывод по причине пожара в исследовательской части подается как вероятностный, а к «Выводам» эксперт укрепляется в своем мнении и формулирует выводы уже как категорические. И наоборот.

Желательно избегать форм выражения своего мнения, когда не понять, какой это вывод – категорический, вероятностный, условный? В одном судебно – экспертном учреждении было принято формулировать выводы в следующей форме : **«Полагал бы, что причиной пожара явилось...»**. Как понять, к какой категории выводов отнести такую формулировку?

Еще одна неконкретная формулировка : **«Пожар мог произойти в результате...»**. Она допустима только в ответе на такой же вопрос : **«Мог ли пожар произойти от...?»**. В данном случае эксперта просят оценить, по сути дела, физическую возможность события – могло или не могло оно произойти в принципе? Иногда такой ответ может оказаться полезным следствием, потому как позволяет исключить, как версию, нечто физически невозможное. Во всех иных случаях заменять общепринятые формы выводов ответа на вопрос о причине пожара на «мог – не мог» не следует. Многие, что теоретически возможно в нашей жизни, даже пожар в результате посадки космического корабля инопланетян.

Отсутствие новой информации, не содержащейся в Исследовательской части.

В «Выводах» не должно появляться никакой информации, которая отсутствует, не рассмотрена, не проанализирована в основной, Исследовательской части. Обычно такая информация носит уточ-

няющий характер, эксперт в последний момент, когда пишет «Выводы», пытается что то разъяснить и дополнить. Забывая, что это не отражено в Исследовательской части.

В одном экспертном заключении эксперт отвечал на вопрос «Можно ли было с помощью палки и канистры устроить поджог?» Такой интересный вопрос возник, как следовало из заключения, оттого, что на месте пожара была найдена палка с намотанной на неё тряпкой, содержащей остатки бензина, которая выполняла роль факела при поджоге, а в ближайших кустах – брошенная канистра с остатками бензина. Эксперт в тесте ответа на вопрос добросовестно констатировал, что «...поджог с помощью палки и канистры совершить можно». Хотя надо было бы пояснить, что инициаторами горения являются все-таки не палка и канистра, а бензин, который находился в канистре и которым был смочен факел. В Выводах же эксперт написал, что «Поджог был совершен в помощь канистры и палки с тряпкой, **обмотанной вокруг толстого ее конца**». Впервые тезис про «толстый конец палки» прозвучал именно в Выводах, в Исследовательской части про это ничего написано не было. И чем привлек эксперта именно этот момент, что он решил отразить его в выводах, непонятно.

Обратим внимание и на принципиальную разницу двух понятий «мог быть совершен» и «был совершен».

Соответствие выводов пределам компетенции пожарно-технического эксперта

Часто поставленные пред экспертом вопросы, в том числе вопросы по причине пожара, содержат аспекты, связанные с правовой оценкой действия (или бездействия) тех или иных лиц. При ответе на такой вопрос важно не выйти за пределы компетенции пожарно-технического эксперта. Так, например, может быть поставлен вопрос типа: «Какова причина пожара и находится ли она в причинной связи с нарушениями правил пожарной безопасности, допущенных при производстве сварочных работ гражданином Н.?»

Некоторые эксперты в таком случае сразу же заявляют, что вопрос находится вне их компетенции и вздыхают с облегчением.

Более правильно в данной ситуации разделить техническую и правовую сторону вопроса – высказать своё мнение о непосредственной причине пожара, о причинной связи нарушений, допущенных при сварочных работах, с возникновением пожара. А вот разбираться, кто конкретно допустил эти нарушения, Н. ли или другой сотрудник – это задача и компетенция исключительно правоохранительных органов .

Литература к главе 18

1. Комментарий к Федеральному закону «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» под общ. ред. В.И. Илюхина и Г.Н. Колбая – М., «Проспект», 2002, 192 с.
2. Большой юридический словарь. 3-е изд. Доп. и перераб./ Под ред. Проф. А.Я. Сухарева. – М.: ИНФРА-М, 2006 – VI . 858 с.
3. Криминалистический словарь. Пер. с нем. – М. Юрид. Лит. 1993-192 с.
4. Чешко И.Д. Термин «поджог» в контексте формулировки выводов пожарно-технического эксперта о механизме возникновения горения и причине пожара. Расследование пожаров: Сб. ст. Вып.1 с...
5. Криминалистические экспертизы, выполняемые в органах внутренних дел: Справочное пособие. М. ЭКЦ МВД России, 1992.
6. Россинская Е.Р. Экспертиза в уголовном, гражданском и арбитражном процессе. – М.: Норма, 2005. – 656 с.
7. Энциклопедия судебной экспертизы \ Под ред. Т.В. Аверьяновой, Е.Р. Россинской. – М.: Юристъ, 1999 – 552 с.
8. Исследование и экспертиз пожаров. Словарь общих и специальных терминов/ Под ред. И. Д. Чешко – М.: ВНИИПО. 2009. – 520 с.
9. Овчинников А.А., Рогачев А.В. Формулирование выводов по результатам исследования вещественных объектов, изъятых с места пожара. Расследование пожаров: Сб. ст. – М.: ВНИИПО, 2007. – Вып. 2, с. 35-40.
10. Чешко И.Д. Выбор формы вывода в заключении эксперта. Расследование пожаров: Сб. ст. – М.: ВНИИПО, 2007. – Вып. 2, с. 40-47.
11. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб.: СПБИПБ МВД России. 1997. – 562 с.
12. Орлов Ю.К. Судебная экспертиза как средство доказывания в уголовном судопроизводстве. М. РФЦСЭ, 2005 – 264 с.
13. Винберг А.И. Криминалистическая экспертиза в советском уголовном процессе. – М., 1956.
14. Селиванов Н.А. Основания и формы применения средств специальных познаний при расследовании преступлений. Сб. «Вопросы борьбы с преступностью» Вып. 7, М. 1968.
15. Ульянова Л.Т. Оценка доказательств судом первой инстанции – М., 1959.
16. Овсянников И. О допустимости вероятного заключения эксперта. Российская юстиция, 1998, № 6, с. 29-30.
17. Строгович М.С. Курс советского уголовного процесса . т. 1, – М., 1966.
18. Шиканов В.И. О допустимости и доказательственном значении вероятных заключений экспертов. ж. Советское государство и право. 1963, № 10.
19. Петрухин И.Л. Экспертиза как средство доказывания в советском уголовном процессе. – М., 1964 с. 108.
20. ФЗ № 69 «О пожарной безопасности в РФ».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У читателя после прочтения этой книги может возникнуть впечатление, что авторы излишне усложняют проблему установления причины пожара. Судя по статистическим данным (пожаров с неустановленными причинами в России по состоянию на 2009 год всего 0,87%), задача установления причины пожара «на местах» успешно решается без «погружения в бездны» различных процессов, рассмотренных в 18 главах книги.

У авторов – обратное впечатление: написанное есть не что иное, как «вершина айсберга», а существующий облегченный подход к решению основных вопросов СПТЭ, с набором типичных версий и стандартных формулировок их обоснования и отвода, не имеет ничего общего с задачей установления *истинной* причины пожара.

Напрашивается аналогия с медициной. Очевидно, что диагностика пожара – не менее сложная задача, чем диагностика и лечение болезней человека. Но в медицине многие десятилетия и даже столетия, многотысячными коллективами проводятся фундаментальные и прикладные исследования, написаны тысячи книг. Тем не менее, пока никто не может похвастаться 99% правильных диагнозов.

В пожарно-технической экспертизе основной объект исследования уничтожен огнем и крохи достоверной, криминалистически значимой информации достаются исследователю с невероятным трудом. Очевидно, что сложность «своей» проблемы должны осознать и широкие массы пожарно-технических экспертов. Это должно подвигнуть к более глубокому «погружению в предмет», а также развитию научных исследований в данном направлении. В том числе – серьезному исследованию реальных пожаров – главному информационному ресурсу пожарно-технической экспертизы.

Авторы ещё раз от всей души благодарят коллег-экспертов, чьи заключения и иные материалы помогли подготовить эту книгу.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ*

А

Автоматы 234, 331, 334, 356, 390-402, 446
Алюминиевые и магниевые сплавы 215
Аммиак 42, 45
Анализ
– металлографический 298, 313, 326
– морфологический 313, 324, 339
Арболит 81
Ацетилен 25, 42, 44, 609, 611, 612, 613, 620
Ацетон 63, 65

Б

Бензины 46-53, 119
Бензол 25, 60, 61
БПС (большое переходное сопротивление) 12-14, 270-272, 301, 321-330, 332-363, 388, 395, 416, 418, 433, 439, 443, 447, 450-456, 462-465, 498, 507-515, 534-539, 545, 557-607, 215
Бумага 84, 92, 143, 144, 184, 599, 657, 694
Бутан 25, 42, 43

В

Взрывы
– физические 4, 6
– химические 6
– в результате утечки газа 29-41
– бытовых баллонов 42-49
– аэрозольных систем «жидкость-воздух» 50-55
– в емкостях с ЛВЖ 63-65
– пылей 10, 6-74
Визуальное исследование 294, 304, 313, 323, 332, 335, 389, 485, 514
Водород 25, 42, 44, 609, 638
Возбудители искры 654
Волна тления 170
Версии – экспертные 9, 231

Г

Газовая
– резка 608, 615
– сварка 575-590, 608, 753
Газы
– горючие 22, 44, 155, 724, 750
– горячие 125, 155-163, 751
Газоанализатор 117, 120, 129-133, 144, 187, 251, 258
Газодизель 263-268
Галогены 724

Д

ДВП (древесно-волоконистая плита) 78
Детонация 35, 37, 5, 8-10, 23, 61-63, 358
Дефлаграция 35, 5, 8-10, 23, 358
Действие взрыва
– фугасное 11-15, 26
– бризантное 16, 26, 80
– осколочное 16, 80
– тепловое 16, 28
Диаграмма Мартина 130-132
Диэтиловый эфир 25, 63, 180, 605, 616, 689
Древесина 31, 68-84, 184, 255
Дроссель 470, 478, 480-481, 504
ДСП (древесно-стружечная плита) 79

Ж

Жидкости 28, 42, 46, 135, 138, 750
– горючие 6, 27, 133
– легковоспламеняющиеся 27, 51, 63, 225

З

Зажигалки 126, 134, 201

И

ИК-спектроскопия 114, 117
Исследования
– визуальные 284, 292, 373, 433, 461, 488
– инструментальные 129, 403, 461
– металлографическое 295, 304,
– морфологическое 119, 332, 338, 339
– экспертное 42, 26, 236, 263, 272, 274
Испарение 6, 36, 166, 257, 301, 643
Испытания 94, 105, 107-110, 134, 139, 186, 224, 236-239, 365, 396, 420, 448, 454, 456, 460, 510, 517, 522, 580
Искрение 331-334
Источник зажигания 6

К

Камины 226, 257-260, 264, 266, 268, 450, 751
Карбонизация изоляции 315
Картон кровельный 84, 711
Качественная оценка 24, 327-334
Керосины 53
Кислород 5, 45, 609, 612
Коммутационные перенапряжения 328
Конверторы 226, 236-238, 751
Конвективный поток 209, 302, 308
Кондиционеры 525-533, 554, 558, 583

* **Примечание:** страницы, относящиеся к книге 1, выделены курсивным начертанием; страницы, относящиеся к книге 2, выделены полужирным курсивным начертанием.

Кондуктивный

- нагрев 245, 254
- прогрев 560, 587, 602

Коронирование диэлектриков 635

Короткое замыкание 265-296, 751, **205-210**

- металлическое 264, 291, 297
- неметаллическое 270, 274, 275, 297-302, 307, 751

Котлы 226, 234, 267, 268, 751

Коэффициент горючести 68

Кулеры 533-536, 562, 563

Л

Лампы

- накаливания 481, 482, 583
- галогеновые 481, 487
- газоразрядные 481, 489-493

Лучистый тепловой поток 145, 150

М

Марки проводов 316, 371, 373

МДФ-плиты 79

Медные сплавы 214, 401, 426, 474

Металлы 648, 721

Метан 25, 42, 43, 638

Метанол 25, 61, 62, 69

Метилмеркаптан 45

Мониторы 523, 566, 575

Масла

- минеральные 6, 92, 186, 193, 22, 655, 668, 679, 690
- моторные 46, 158, 507, 606
- охлаждающие 408, 499
- растительные 92, 186, 224, 407, 654, 662, 666

Н

Наведенный заряд 270, 357, 361

Наводка высокочастотного напряжения 342-346, 359

Нетеплоемкие печи 245, 263

Номенклатура 41, 46, 54, 85, 120, 226, 234, 241, 380

О

Обмоточные провода 372

Обогреватели 226, 236, 237, 432, 449, 751

Обратный удар пламени 614

Обратная тяга **11**, 77

«Огненный шар» **60-63**

Окись этилена 25, 45

Омические цепи 347

ОСП (ориентированно-стружечные плиты) 80

Отбор проб

- жидких **121**, **127**
- твердых **121-126**
- паровой фазы **120**, **126**

Отделочные материалы для стен и потолков 94

Открытое пламя 22, 125, 126, 231, 750

П

Патроны 334, 506, 507, 515, 516

Перегрузка электродвигателя 316

Перенапряжение 270, 316-320, 327

Перегрузка по току 303-316

Периоды индукции 26

Печи 226, 238-256, 263, 266, 751

Пиротехнические средства 125, 183-191, 194, 751

«Пирофорная» древесина 77

Плавкие предохранители 390, 398

Поверхностная плотность 103, 633

Поджоги

- средства **60**, **88**, **106-109**, **132**, **183**, **251**, **361**
- статистика **88**
- мотивы **90-95**, **99**, **106**, **183**, **255**, **316**

Пожарная опасность 92, 119-122, 190, 196, 201, 234, 235, 247, 332, 366, 367, 467, 480, 489, 506, 522, 533, 558, 568, 582, 594, 604, 617, 630, 745, 747

Покрытия полов 93

Ползуший пробой 307, 311, 368

Полимеры 68, 85-98, 111, 112, 116

Полный искровой пробой 654

Правила установки и эксплуатации печей 262

Пределы

- концентраций 6, 21, 179
- распространения пламени 6, 22, 43, 52, 59, 64, 215, 435, 587, 638
- воспламенения 22, 23, 34, 153
- взрываемости 6, 625
- верхний 6, 24, 419
- нижний 6

Предразрядные стримеры 654

Природные волокна 99

Природные пожары

- низовые **279-280**, **287**, **293**, **308**, **318**
- верховые **280-282**, **287**
- почвенные **282**, **287**

Пробой диэлектриков 275, 307, 309, 310

Провода 356-374

Продукты горения 74

Пропан 25, 42, 43, 609

Пропанол 63

Р

Радиационный нагрев 245, 253

Разлет искр 163, 165, 168, 346

Разлет частиц 613

Разряд молнии 642-649, 677, 679, 680, 681

Разряд статического электричества 14, 277, 632-635, 652, 659, 663- 677, 753

Расцепитель 390

Расчет теплоты 388

Расчет токов КЗ 287, 288

Реактопласты 87, 91

Реакция окисления 720

Редукторы 610

Резистивные материалы 430, 431

Резонансные перенапряжения 328

Релаксация заряда 655, 668, 673

Рентгеноструктурный анализ 298, 306, 336, 343

С

Самовозгорание 10, 13, 21, 77, 82, 84, 155, 158, 206, 207, 251, 254, 355, 451, 685-754

– микробиологическое 685, 686, 694-698, 738, 754

– тепловое 245, 258, 654-676, 685, 686, 692, 695, 745, 747, 754

– химическое 676-693, 720, 721, 754

Сварные швы 625

Сварочные провода 604

Свечи 11, 12, 118, 125, 128, 138-142, 191-194, 202

Сероуглерод 25, 64

Силовые кабели 372, 577

Синтетические волокна 101

Система сигнализации 217-219

Скипидар 64

Скорость

– тепловыделения 7, 8, 22

– теплоотвода 7, 8, 22

Спектроскопия

– флуоресцентная 120, 130, 133, 136

– инфракрасная 130, 140, 160, 163, 187, 358

– ультрафиолетовая 160

– молекулярная 162

Спички 126, 133-138, 201, 207, 223

Среднедистиллятные топлива 53-60

Стали 214

Старение изоляции 313, 315

Стартер 502, 503, 583

Стирол 61, 69

Т

Телевизоры 523, 537-547, 566, 567, 572

Тепловентиляторы 453

Тепловое излучение 125, 143-152, 750

Тепловыделение при трении 205, 208, 751

Теплоемкие печи 245, 247, 262

Теплофизические расчеты 255

Термитная сварка 586, 623, 753

Термопласты 30, 87, 90

Термостойкость 89, 121

Ткани и изделия из них 98-111

Тлеющие источники 163-183

Тлеющее табачное изделие 94-99, 105, 128, 139, 169, 179-187, 284, 681, 171-172, 248

Тлеющий разряд 347

ТЭН 412-429, 454, 458, 464, 466, 467, 474, 535

У

Угольный мостик 308

Ударная волна 8-14, 26, 37-39

УЗО 313, 390, 402-410, 574

Утечка

– топлива 222-227

– масел 227-231

– тормозной жидкости 21

Утюги 410, 473

Ф

Фитильный эффект 28, 187, 188

Флуориметрия 133, 136, 162, 187

Фракталы 310

Фрикционные искры 203-216, 751, 75, 243-245

Х

Холодильники 497-525, 531, 558

Хроматография

– газожидкостная 36, 120, 128, 130, 133

– ионная 153, 160, 165

– жидкостная 187

Ц

Цементно-стружечные плиты 81

Щ

Щелочные металлы 721

Э

Экзотермическая гидратация 720

Электризация 609-632, 634, 642-664, 674, 675

Электрическая дуга 21, 276, 587, 590

Электродуговая сварка 557-575, 586, 587, 753

Электронагревательные приборы 390-458

Электроосветительные приборы 458-482

Электрокамины 410, 449

Электрокипяильники 422, 423

Электropечи 410, 455

Электроутюги 466-469, 580, 581

Электрочайники 410, 463

Этан 25, 42, 43

Этанол 62

Этилен 25, 42, 44, 92, 638

Этиленгликоль 62, 63

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 13. Дефлаграционное горение и взрывы пыле-паро-газо-воздушных смесей	4
13. 1. Классификация взрывов	5
13.2. Действие взрыва.	11
13.3. Особенности разрушений при взрывах газов и паров.	18
13.4. Оценка повреждений и силы взрыва	24
13.5. Действие факторов взрыва на человека и животных	26
13.6. Взрывы в результате утечки газа	29
13.7. Взрывы бытовых газовых баллонов	42
13.8. Взрывы и вспышки аэрозольных систем «жидкость-воздух».	50
13.9. Розлив и испарение горючей жидкости.	55
13.10. Взрывы в емкостях с ЛВЖ (ГЖ)	63
13.11. Горение и взрывы пылей	65
13.12. Вспышки и взрывы, возникающие в ходе пожара	77
13.13. Дифференциация взрывов конденсированных ВВ и топливо-воздушных смесей. Обработка версии	80
Литература к главе 13.	84
ГЛАВА 14. Поджоги	88
14.1. Мотивы поджогов. Выдвижение и порядок анализа версии	88
14.2. Основные и косвенные признаки поджога	98
14.3. Средства поджога	106
14.4. Признаки использования ЛВЖ и ГЖ при поджогах	109
14.5. Поиски остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара. Возможности сохранения остатков ЛВЖ и ГЖ на месте пожара	114
14.6. Сбор остатков ЛВЖ, отбор проб различных объектов-носителей	120
14.7. Полевые и лабораторные методы обнаружения и исследования ЛВЖ и ГЖ – средств поджога	128
14.8. Зажигательные составы	148

14.9. Обнаружение и исследование зажигательных составов	156
14.10. Компоненты специальных устройств для поджогов	168
14.11. Электронные устройства для поджогов	175
14.12. Имитация техногенной причины пожара	178
Литература к главе 14.	186
ГЛАВА 15. Пожары автомобилей	189
15.1. Статистика пожаров транспортных средств	189
15.2. Потенциальные источники зажигания и пожарная нагрузка автомобиля	192
15.3. Выдвижение и порядок отработки версий о причине пожара . . .	197
15.4. Анализ отдельных версии о причине пожара. Электрические аварийные режимы в штатной электросети	200
15.5. Аварийные режимы в дополнительно устанавливаемых сервисных устройствах	217
15.6. Утечка горючих жидкостей и их загорание при контакте с горячими поверхностями и от иных источников зажигания . . .	221
15.7. Загорание при контакте с горячими поверхностями твердых горючих материалов	238
15.8. Открытое пламя	242
15.9. Механические (фрикционные) искры, трение	243
15.10. Глеющие табачные изделия	248
15.11. Поджог	249
15.12. Зажигание внешней пожарной нагрузки	259
15.13. Загорание автомобиля от внешнего теплового воздействия . . .	262
15.14. Пожары при ремонте автомобилей	262
15.15. Автомобили на газовом топливе	263
Литература к главе 15.	274
ГЛАВА 16. Природные пожары	278
16.1. Классификация природных пожаров	278
16.2. Лесные горючие материалы	283
16.3. Влияние отдельных факторов на возможность возникновения, динамику и направленность развития пожара . .	287

16.4. Исследование и описание места пожара	292
16.5. Установление очага пожара	295
16.6. Разлёт горящих частиц. Пятнистые загорания	302
16.7. Динамика распространения природного пожара	305
16.8. Определение параметров пожара	307
16.9. Установление причины пожара	309
16.10. Расчеты степени пожарной опасности леса по условиям погоды . . .	320
Литература к главе 16.	323
ГЛАВА 17. Реконструкция начальной стадии пожара	327
Литература к главе 17.	340
ГЛАВА 18. Подведение итогов экспертного анализа.	
Формулирование выводов эксперта по причине пожара	341
Литература к главе 18.	356
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	357
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	358

*Чешко Илья Данилович
Плотников Владимир Григорьевич*

**АНАЛИЗ ЭКСПЕРТНЫХ ВЕРСИЙ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА
Том 2**

Дизайнер-верстальщик: Егорова М.М.

Подписано в печать 30.05.2012 г. Тираж 300 экз.
Заказ № 1331

Отпечатано в типографии ООО «Береста»
196084, Россия, Санкт-Петербург
ул. Коли Томчака, 28
тел. 388-90-00
e-mail: beresta@mail.wplus.net