

**Министерство образования и науки РФ
Иркутский государственный технический университет**

С.С.Тимофеева, В.В.Малов, Кузнецов К.Л.

ПОЖАРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

ПРАКТИКУМ

Издательство
Иркутского государственного технического университета
2013

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» ИрГТУ Дроздова Т.И.

канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и сооружений ФГКОУ ВПО ВСИ МВД России Беляк А.Л.

Пожарнотехническая экспертиза. Практикум: методические указания к выполнению практических работ/ С.С.Тимофеева, В.В.Малов, Кузнецов К.Л. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 63 с.

Практикум соответствует требованиям ФГОС–З 20.04.01«Техносферная безопасность», программа «Пожарная безопасность».

Предлагаются практические работы по темам, соответствующим рабочей программе дисциплины. Приводятся методики и примеры расчетов, справочные данные.

Предназначен для обеспечения более качественного изучения курса обучающимися в магистратуре по программе «Пожарная безопасность», а также может быть использован работниками Государственного пожарного надзора.

© С.С.Тимофеева, 2013

© В.В.Малов, 2013

© Иркутский государственный
технический университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Определение очага возникновения пожара геометрическим построением зон его развития.....	5
Определение времени возникновения горения по обуглившимся предметам (изделиям).....	14
Исследование ЛВЖ и ГЖ, представленных в качестве вещественных доказательств в виде следов, с помощью люминесцентного анализа.....	26
Экспрессный метод определения удельного электрического сопротивления обугленных остатков древесины с последующим определением температуры, длительности горения отдельных предметов и элементов деревянных конструкций.....	36
Исследование обугленных остатков полимерных материалов.....	53
Приложение.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Дела о пожарах относятся к категории сложных. Недостаточная подготовка следователей, работников органов дознания и других специалистов приводит к тому, что расследование по делам о пожарах подчас не дают желаемых результатов. Количество пожаров, причины которых остаются не установленными или устанавливаются неправильно, к сожалению, значительно. Раскрываемость поджогов остается крайне низкой. Поэтому практика расследования пожаров свидетельствует о необходимости коренного улучшения организации этой работы и в том числе ее методики. Основной целью практикума является формирование умений и навыков в практической деятельности при подготовке специалистов по расследованию пожаров.

В работе изложены теория вопроса, описание лабораторных установок, порядок выполнения и обработки результатов опыта.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЧАГА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПОСТРОЕНИЕМ ЗОН ЕГО РАЗВИТИЯ

Теоретические основы работы

Происходящие пожары отличаются многообразием явлений, их сопровождающих. Несмотря на многообразие явлений, пожары имеют общие специфические признаки. Знание этих признаков и умение правильно их выделять помогает сотруднику МЧС, проводящему дознание, эксперту или следственным органам разобраться в той сложной обстановке, которую они обычно застают после ликвидации пожара.

К специфическим признакам пожаров относятся их зоны развития: зона горения, зона теплового воздействия, зона задымления.

Зона горения - это часть пространства, в котором происходит горение подготовленных и предварительно перемешанных продуктов разложения твердых горючих материалов (ТГМ), паров горючих жидкостей при их испарении или газов. С учетом характера развития пожара, конструктивно-планировочных решений объекта зона горения может ограничиваться размерами помещений или ограждений, стенками резервуара, объемом аппаратов и т.п. Выделенное тепло из зоны горения способствует перемещению пламени на новый участок, подготовленный к горению. К характерным признакам горения относятся: полное выгорание твердых горючих материалов, сквозные прогары, обугливание, переугливание, глубокое переугливание, температурные деформации несгораемых конструктивных элементов зданий и их обрушение, отслоение защитного слоя бетона и штукатурки, образование трещин различной пространственной ориентации и т.п.

Перечисленные признаки зоны горения остаются и после ликвидации пожара, но они несколько могут быть видоизмененными под воздействием огнетушащих веществ и личного состава подразделений, участвующих в его тушении. Поэтому при осмотре места пожара необходимо обращать внимание на следы, образуемые зонами горения, и следы разрушений, вызванные

действием огнетушащих веществ и личным составом подразделений, и уметь различать их.

Продукты горения представляют собой смесь газообразных, жидких и твердых веществ, которые образуют некоторое избыточное давление. Под действием избыточного давления продукты горения (дым) распространяются из зоны горения по всему объему помещения, где возник пожар. Из-за разности температур в зоне горения и на некотором удалении от нее раскаленные частицы углерода (твердая составляющая дыма), остывая и осаждаясь на вертикальных и горизонтальных поверхностях, образуют копоть, т.е. изменяют первоначальную окраску предмета в черный или темно-коричневый цвет. Копоть на поверхностях конструкций, оборудования и материалов может оставаться только при определенной критической температуре, значение которой находится в пределах 600-650°C. Поэтому там, где температура зоны горения была выше 650° С, осевшие твердые частицы дыма (углерода) выгорают и образуют белые пятна, а где ниже 600°C, поверхность остается черного цвета (закопченная). Белые пятна локального характера в отдельных случаях могут приниматься во внимание как один из характерных признаков, указывающих на возможный очаг возникновения горения.

В зависимости от вида пожарной нагрузки, т.е. от ее способности гореть в газовой или конденсированной фазе, форма и размеры зоны горения могут иметь четко выраженную границу. При горении материала в конденсированной фазе (беспламенном горении) форма и размеры зоны горения ярко выражены, и она ограничивается объемом полностью или частично выгоревшей пожарной нагрузки. Способностью к беспламенному горению обладают каменный и древесный угли, хлопок в кипах, сено, солома в скирдах и другие материалы, находящиеся в неблагоприятных для горения условиях по газообмену.

Зона теплового воздействия представляет собой часть пространства, которая примыкает к зонам горения и задымления и в которой за счет теплового воздействия излучения, конвекции и теплопроводности происходят

заметные невооруженным глазом необратимые изменения первоначального состояния поверхностей конструкций, оборудования, материалов. Характерным признаком, по которому можно определить границы зоны теплового воздействия, является изменение первоначальной цветовой окраски поверхностей конструкций на светло-коричневые тона, вспучивание краски и т.п.

Проекцией зоны теплового воздействия на горизонтальную поверхность является площадь теплового воздействия, формы и размеры которой определяются зоной горения, которая, в свою очередь, зависит от распределения пожарной нагрузки, газообмена на пожаре, направленности распространения горения. При развитии пожара внутри здания следообразование снаружи его происходит излучением через проемы, а выше их - конвекцией, т.е. воздействием нагретых до высокой температуры продуктов горения. При пожарах на открытых пространствах следообразование зоны теплового воздействия происходит за счет конвекции и излучения. Теплопроводность на таких пожарах на следообразование не оказывает существенного влияния. Оно может быть существенным в случае контакта пожарной нагрузки с металлическими предметами, трубопроводами, отдельные участки которых находятся в зоне горения, а другие - на значительном удалении от нее или изолированы экранами, перегородками, стенами. Зная характерные следы зоны теплового воздействия при излучении, конвекции и теплопроводности, эксперт или следователь при осмотре места пожара сравнительно просто может восстановить форму и ее размеры и в дальнейшем использовать для определения очага возникновения пожара.

Зона задымления - это часть пространства, прилегающая к зонам горения и теплового воздействия, в которой невозможно пребывание людей без индивидуальных или групповых средств защиты органов дыхания, и в которой затрудняются действия личного состава подразделения из-за недостаточной видимости. Зона задымления на некоторых пожарах включает в себя всю или

часть зоны теплового воздействия. Характерным признаком, по которому определяется форма и размеры зоны задымления, является наличие на вертикальных и горизонтальных поверхностях конструкций, технологическом оборудовании и материальных ценностях осаждения твердых частиц дыма, которые придают им своеобразный оттенок, не изменяя первоначальную цветовую окраску их поверхностей. Границей зоны задымления при этом будет отсутствие за ней этого оттенка. Дым выделяется при горении на пожарах, особенно на стадии их развития. Характерным признаком, по которому чаще всего обнаруживают пожары первые свидетели, являются клубы дыма, выходящие через оконные, дверные, технологические и другие проемы. Показания свидетелей относительно места, интенсивности и размеров границы выхода дыма могут быть использованы при исследовании и определении очага возникновения пожара.

Дым имеет свои отличительные признаки: запах, цвет, плотность, что также может быть использовано при исследовании очага пожара. Так, зная распределение пожарной нагрузки на объекте, где возник пожар, можно дать качественную оценку по запаху дыма о принадлежности продуктов горения соответствующему виду горючего материала.

Все зоны развития пожара имеют геометрические характеристики, т.е. форму, размеры. По форме любая зона развития пожара на плоскости может быть круговой, в виде эллипса, прямоугольника. Линейными размерами зон развития пожара являются глубина, периметр, фронт развития пожара. Используя геометрические характеристики зон развития пожара, можно при экспертном или следственном осмотре определить наиболее вероятное местонахождение очага возникновения пожара. При этом используется принцип нахождения геометрического центра отдельных фигур. Этот же метод (определение очага возникновения пожара) может быть использован и при расследовании лесных пожаров путём изучения протокола осмотра места пожара и показаний свидетелей.

Для определения времени и места возникновения лесного пожара целесообразно воспользоваться связью между площадью, периметром, скоростью возрастания периметра пожара и другими его характеристиками. Связь периметра пожара (P , км) с его площадью (S , га) показана в табл. 1.

Таблица 1.1. – Связь между периметром и площадью пожара

S , га	1	5	10	20	25	50	100	300	1000	2000	5000	10000
P , км	0,5	1,2	1,7	2,3	2,5	3,5	5	9	16	22	35	50

Необходимо знать, что крупные пожары обычно имеют вытянутую форму с соотношением длины и ширины 2:1, скорость движения фронта втрое меньше скорости нарастания периметра, скорость фланга вчетверо меньше скорости фронта.

Время возникновения пожара можно определить посредством продолжительности его действия (τ), которая определяется по формуле

$$\tau = \frac{P}{V_p} \quad (1.1)$$

где V_p – скорость нарастания периметра, км·ч⁻¹,

P – периметр пожара, км.

Скорость нарастания периметра можно рассчитать, используя разницу между площадью на момент начала ликвидации пожара и на момент его обнаружения, связь между площадью и периметром, через скорость фронта пожара, которая втрое меньше скорости нарастания периметра.

Место возникновения пожара определяют по оси пожара от фронта к тылу по формулам

$$\alpha_{fp} = \frac{V_{fp}}{V + V_{fp}}, \quad L_{fp} = \alpha_{fp} \cdot L_{общ};$$

$$\alpha_m = \frac{V_m}{V + V_m}, \quad L_m = \alpha_m \cdot L_{общ}.$$

где $\alpha_{fp}(\alpha_m)$ – отношение между расстоянием, пройденным фронтом (тылом) пожара;

$V_{fp}(V_m)$ – скорость распространения фронта (тыла) пожара;

$L_{фр}(L_m)$ – примерное расстояние по оси от фронтальной (тыловой) кромки пожара до места его возникновения;

$L_{общ}$ – общая протяженность пожара.

Целью данной лабораторной работы является привитие навыков наблюдения, фиксации и описания форм и границ распространения зон пожара и определения очага его возникновения геометрическим построением центра одной из выбранных зон.

Описание лабораторной установки

В лабораторную установку входят: лабораторный штатив с узлами крепления образца; газовая горелка Бунзена; секундомер; транспортир для измерения угла наклона закрепленного образца; ограждающий экран.

Испытуемый образец должен отвечать следующим требованиям:

- материал, из которого изготовлен образец, должен быть однородным;
- толщина образца должна быть не менее 15 мм;
- линейные размеры образца должны быть не менее, чем в 20 раз больше внутреннего диаметра горелки;
- поверхность, подвергающаяся воздействию точечного источника зажигания, должна быть гладкой, без шероховатостей.

При соблюдении этих требований достигается условие моделирования начальной фазы возникновения горения при точечном источнике зажигания.

Чтобы исключить флуктуацию пламени при работающей вентиляции вытяжного шкафа необходимо, чтобы скорость воздушного потока в системе вентиляции не превышала 0,5 м/с, окна и двери лаборатории были закрыты. Лабораторная установка должна быть закрыта экраном.

Порядок выполнения работы

В начале занятий курсанты (слушатели) знакомятся с теорией вопроса, описанием лабораторной установки, порядком выполнения работы и получают у преподавателя или лаборанта исходные данные для проведения опыта.

Перед началом опытов на испытуемом образце через середины противоположных сторон проводятся две перпендикулярные оси. Точка пересечения перпендикулярных осей является местом воздействия точечного источника зажигания. За ось X принимается длина образца, а за ось Y - его ширина. Точка пересечения перпендикулярных осей привязывается к координатным осям, т.е. фиксируются координаты точки начала воздействия источника зажигания.

После выполнения перечисленных операций образец жестко закрепляется под заданным углом.

Затем поджигается газовая горелка и регулировочным винтом устанавливается минимальный расход газа с целью создания конической формы пламени. Горелка ставится под образец так, чтобы вертикальная центральная ось конуса факела пламени проходила через точку пересечения перпендикулярных осей образца. После чего регулировочным винтом увеличивается расход газа, т.е. увеличивается высота пламени для того, чтобы вершина пламени (факела) касалась поверхности образца в заданной координате. Одновременно с этим включается секундомер. Продолжительность воздействия точечного источника зажигания задается преподавателем и должна быть более 2 мин.

При воздействии источника зажигания на образец от 1 до 2 мин наблюдается интенсивное разложение древесины с последующим распространением горения от источника зажигания по поверхности горючего материала. В этом случае четкого разделения зон горения и теплового воздействия не наблюдается.

При продолжительности воздействия источника зажигания на образец более 2 мин наблюдается различие в следообразовании зоны горения и зоны теплового воздействия. На участке зоны горения происходит интенсивное переугливание древесины, а на прилегающих к ней - изменение цветовой

окраски горючего материала за счет теплового воздействия излучения факела пламени.

По окончании опыта газ отключается, образец снимается, очаг горения тушится водой и остывает в течение 5 мин. После этого мелом обводят форму и границы зоны теплового воздействия на поверхности горючего материала, которые определяются по изменению окраски древесины с белого на светло-коричневый цвет, и описывают их.

Через произвольно выбранные точки обведенного мелом контура зоны теплового воздействия проводят касательные и восстанавливают перпендикуляры до их взаимного пересечения. Количество точек, через которые проводятся перпендикуляры, определяется с учетом угла наклона образца по отношению к источнику зажигания и формы образовавшегося следа зоны теплового воздействия.

Если получается несколько точек взаимного пересечения перпендикуляров, то находится геометрический центр фигуры. Далее определяют координаты геометрического центра полученной фигуры. Рассчитывают процент отклонения фактического центра очага возникновения пожара от действительного места воздействия источника зажигания.

Когда все перпендикуляры пересекаются в одной точке, находятся координаты этой точки и аналогично определяется процент отклонения.

В случае, когда форма следа зоны теплового воздействия образовалась в виде эллипса с различными диаметрами вписываемых в него окружностей, геометрический центр возникновения пожара определяется следующим образом. Мелом проводится центральная ось, вдоль которой происходило распространение пламени. На оси определяют минимальный и максимальный радиусы вписанных в этот эллипс окружностей. Определяют координаты центров окружностей и находят процент отклонения этих центров от координат действительного места воздействия источника зажигания.

Полученные максимальные отклонения геометрического центра вписанной

окружности в эллипс исключаются из-за отсутствия очага пожара в этой окружности.

Обработка результатов опытов осуществляется в следующей последовательности.

После измерения координат центра, определенного геометрическим построением, рассчитывают абсолютные отклонения по осям X и Y:

$$\Delta X = X_0 - X_1; \Delta Y = (Y_0 - Y_1).$$

Далее рассчитывают относительное отклонение по осям X и Y в %

$$\delta_y = \frac{Y_0 - Y_1}{Y_0} 100,$$

$$\delta_x = \frac{X_0 - X_1}{X_0} 100.$$

После рассчитывают среднее относительное отклонение по осям X и Y в % для заданного количества опытов

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{xi}}{n}, \delta_y = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{yi}}{n},$$

где n – количество опытов в одной серии.

Результаты опытов заносятся в таблицу

№ п/п	Угол наклона образца, град.	Координаты точки воздействия источника зажигания		Условия пересечения перпендикуляров (в одной или нескольких точках)	Координаты центра, определенного геометрическим построением, мм		Абсолютное отклонение по осям, %		Относительное отклонение по осям, %		Среднее значение, мм	
		X ₀	Y ₀		X ₁	Y ₁	ΔX	ΔY	δ _x	δ _y	X _{ср}	Y _{ср}

Выводы: 1. При пространственной ориентации образца древесины под углом форма следа горения отражается в виде окружности, эллипса, прямоугольника (обосновать, объяснить причины образования перечисленных слеодообразований).

2. Отличительными признаками в месте первоначального воздействия источника зажигания от границ перехода зоны горения в зону теплового воздействия являются следующие: (перечислите).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРЕНИЯ ПО ОБУГЛИВШИМСЯ ПРЕДМЕТАМ (ИЗДЕЛИЯМ)

Теоретические основы работы

При следственном и экспертном осмотрах места пожара информацию о характере его развития можно получить путем исследования структуры, глубины переугливания или выгорания конструктивных элементов, выполненных из древесины. В условиях пожара пиролиз древесины на значительную глубину или ее выгорание происходит под воздействием зоны горения.

Древесина имеет сложный химический состав: целлюлозу ($C_6H_{10}O_5$), лигнин, гемицеллюлозу, смолу. Органическая масса древесины состоит из 49,5 % углерода, 6,3 % водорода, 44,2 % кислорода. Массовая скорость выгорания древесины составляет $50 \text{ кг/ (м}^2 \text{ ч)}$, низшая теплота сгорания $13,85 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$.

Физико-химические свойства древесины (табл. 2.1) зависят от содержания в ней гигроскопической воды. За условную стандартную влажность, на которую пересчитывают все показатели физико-механических свойств древесины, принимается влажность, равная 15 %, соответствующая влажности воздушно-сухой древесины.

Таблица 2.1. - Физико-химические свойства древесины

Природа древесины	Плотность, кг/м^3	Температура воспламенения, $^{\circ}\text{C}$	Практическая температура горения, $^{\circ}\text{C}$	Низшая теплота сгорания, кДж/кг	Расход воздуха на сгорание 1 кг, м^3
Дуб	650	270	1150	16005	3,64
Бук	640	275	1100	14660	3,63
Ольха	490	275	1077	13592	3,56
Сосна	470	270	1090	13852	3,61
Ель	420	290	1080	13458	3,53

Древесина может гореть лишь при наличии воздуха и теплового источника, способного нагреть ее до температуры самовоспламенения ($330\text{-}470^{\circ}\text{C}$) или воспламенения продуктов разложения ($270\text{-}300^{\circ}\text{C}$). В отдельных случаях длительный нагрев древесины до температуры 130°C приводит к образованию

пирофорного угля.

Загорание деревянных элементов зависит от мощности источника зажигания; его размеров по отношению к размерам зажигаемого элемента; продолжительности действия теплового источника; влажности древесины и состояния ее поверхности; геометрических размеров конструктивных элементов или соотношения поверхности зажигаемых элементов к их объему.

Более плотная древесина воспламеняется труднее. Нестроганная поверхность загорается и горит быстрее, чем строганная. При продолжительном нагреве и наличии условий для аккумуляции тепла температура самовоспламенения снижается. При нагреве древесины до 110 °C из нее удаляется влага, а при 130 °C и выше начинается ее разложение.

Чтобы нагреть 1 кг древесины влажностью 10, 20, 30 и 40 %, необходимо затратить, соответственно, в 1,36; 1,73; 2,09; 2,45 раз больше тепла, чем для абсолютно сухой древесины.

На способность воспламеняться и на условия горения влияет также геометрическая форма деревянных элементов. Ребра и выступающие части загораются быстрее, чем массивные и закругленные элементы. Различают подготовительную фазу нагрева древесины посторонними источниками до температуры ее разложения, фазу пламенного горения и фазу тления.

При 110 °C древесина начинает выделять летучие вещества. Дальнейшее повышение температуры до 150 C сопровождается ускорением

процесса разложения и испарением продуктов пиролиза, который сопровождается изменением первоначальной цветовой окраски поверхности древесины на желтый цвет. При 150-200 °C продукты разложения составляют в основном воду и углекислый газ, которые гореть неспособны. Только при температуре более 200 °C начинают разлагаться целлюлоза, лигнин и другие вещества. Газы, выделяющиеся при этих температурах, являются горючими, так как содержат в значительном количестве окись углерода, водорода, пары органических веществ и др. В интервале температур от 150 до 230 °C

поверхность древесины с желтого изменяется на коричневый цвет.

При нагреве древесины источником открытого пламени до 270 °С выделяющиеся продукты разложения воспламеняются. Для этой температуры характерно то, что при ней скорость выделения газообразных продуктов разложения становится равной скорости их возможного диффузионного горения, и поэтому они воспламеняются.

При температурах от 200 до 400 °С идет наиболее интенсивное разложение древесины, где выделяются в основном газообразные продукты разложения, общая масса которых достигает 80 % массы древесины, т.е. 1 кг древесины при ее разложении и горении выделяет 800 г газообразных продуктов. При температуре более 230 °С поверхность древесины изменяет цвет с коричневого на черный.

При отсутствии открытого источника зажигания пламя появляется при 330-470 °С. Процесс разложения древесины сопровождается в этот период выделением теплоты, общее количество которой составляет 5-6 % от низшей теплоты сгорания. При температурах выше 500 °С протекает горение угля на его поверхности, но с замедленной скоростью, в отличие от горения продуктов разложения древесины. Температура горения угля в основном находится в пределах 700 °С, а в отдельных случаях может достигать 1000 °С. В этот период появляется свечение его поверхности, яркость которого зависит от температуры горения.

Условием горения угля древесины является подвод к конденсированной фазе газов, без этого химическая реакция горения угля не может начаться. В дальнейшем количество вещества, потребляемое химическим процессом, регулируется за счет переноса этого вещества путем естественной или вынужденной диффузии. Этот процесс описывается следующей зависимостью:

$$V(dC/dz) = K_c, \quad (2.1)$$

где V - средняя скорость потока газа по оси z ; C - концентрация реагирующего газа; dC/dz - градиент концентрации; K - константа скорости

реакции первого порядка.

Левая часть уравнения (2.1) определяет количество газа, поступающего к твердой поверхности угля, а правая - скорость химического процесса горения поверхности угля.

Если скорость переноса газа к поверхности угля выше скорости химической реакции, то наблюдается устойчивое его горение. Этот процесс сопровождается выгоранием угля с поверхности древесины, т.е. изменением первоначальных геометрических размеров конструктивного элемента или изделия. С этой точки зрения после тушения пожара на обугленной поверхности древесины следует различать следы воздействия зоны горения на конструктивные элементы или изделия, которые могут быть локального и общего характера. К локальным признакам (следам) воздействия зоны горения относятся значительная глубина переугливания, образование сводов, значительное или полное выгорание древесины в одном месте. К общим признакам относятся равномерная глубина переугливания древесины по всей поверхности конструкции или изделия, наличие характерного рисунка, микротрещин на поверхности, образовавшихся за счет внутренних напряжений в угле вдоль и поперек волокон, полное выгорание древесины в пределах воздействия всей зоны горения.

По этим признакам с достаточной точностью можно судить о характере протекавших процессов на пожаре. Наблюдают различные схемы расположения деревянных элементов при пожаре, которые, как правило, известны исследователю.

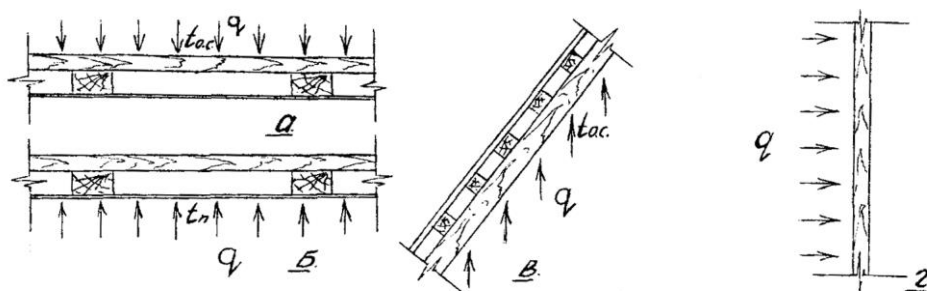


Рисунок 2.1. - Схемы расположения деревянных элементов, действия

тепловых потоков и высокой температуры при пожаре

Одновременно с выгоранием древесины в глубину происходит распространение горения по площади. Скорость распространения горения по поверхности древесины зависит от ее расположения и направления движения пламени. Если поверхность горизонтальная (рис. 2.1 а), то распространение пламени происходит медленно. Если распространение пламени происходит по наклонной или вертикальной поверхности (рис. 2.1 в, г), то скорость распространения изменяется в зависимости от направления распространения огня - вверх или вниз.

При пожаре происходит уменьшение сечения деревянных элементов за счет переугливания древесины. Скорость переугливания зависит от всех ранее перечисленных факторов. Для необработанных антипиренами конструктивных элементов скорость переугливания составляет 0,5-1,0 мм/мин. Величину уменьшения сечения деревянных элементов необходимо четко фиксировать при проведении осмотра места пожара.

Измерив в процессе осмотра места пожара глубину переугливания конструктивного элемента в различных по высоте и его длине точках, можно, во-первых, определить схему развития пожара, во-вторых, рассчитать ориентировочное время переугливания древесины в точках замеров, по которой можно судить о направлении распространения горения и, в-третьих, определить время возникновения горения в точках замеров.

Время переугливания древесины можно определить по формуле

$$\tau_{nep} = h/V_0, \quad (2.2)$$

где τ_{nep} - время переугливания древесины на глубину, мин; h — глубина переугливания древесины, мм; V_0 - скорость переугливания древесины, мм/мин.

Время возникновения горения в точках замеров конструктивного элемента или изделия определяется по выражению

$$\tau_{вз} = \tau_{зв} + \tau_{nep} \quad (2.3)$$

где $\tau_{вз}$ - время возникновения горения в точках замеров конструктивного

элемента или изделия, мин; τ_{36} - время задержки воспламенения в точках замеров конструктивного элемента или изделия, мин.

Время задержки воспламенения древесины можно определить по формуле или опытным путем

$$\tau_{36} = \frac{(t_{св} - t_n)^2 \pi \lambda c \rho}{4q^2}, \quad (2.4)$$

где $t_{св}$ - температура самовоспламенения материала образца, °С; t_n - начальная температура, °С; λ - коэффициент теплопроводности; c - теплоемкость материала; q - плотность теплового потока, Вт/м²; ρ - плотность древесины, кг/м³.

Время задержки воспламенения древесины зависит от плотности тепловых потоков. Так, по опытам, проведенным на кафедре пожарной тактики и службы ВИГТГШ МВД СССР, при $q = 50$ кВт/м² это время составляет 13 с; при $q = 25$ кВт/м² - 25 с; при $q = 12$ кВт/м² - 50 с; а при снижении тепловых протоков до 5,7 кВт/м² время задержки воспламенения достигает 100 с. При еще меньших тепловых потоках, что характерно для пожаров, развитие которых происходит в условиях ограниченного воздухообмена и сильного задымления, время задержки воспламенения древесины будет еще большим. Это необходимо учитывать при выявлении очаговых признаков направленности распространения горения при осмотре места пожара.

С учетом изложенных теоретических основ целью лабораторной работы является определение времени воспламенения древесины различных пород по глубине ее переугливания и времени задержки воспламенения.

В процессе выполнения работы основными задачами являются: освоение практических навыков определения времени воспламенения древесины в различных точках изъятия проб (измерения глубины переугливания) на конструктивных элементах или изделиях после пожара; изучение характера слеодообразования зоны горения на поверхностях древесины, конструкциях и изделиях; описание основных признаков (общего и локального характера),

указывающих на очаг возникновения горения и признаков направленности распространения горения.

Описание лабораторной установки

Общий вид лабораторной установки для определения времени возникновения горения по обуглившимся предметам (изделиям) показан на рис. 2.2.

Основным элементом установки является горелка "Бунзена" или горелка инфракрасного излучения, которая закреплена на кронштейне под исследуемым образцом древесины, расположенным горизонтально, или на другом кронштейне параллельно исследуемому образцу при его вертикальном расположении.

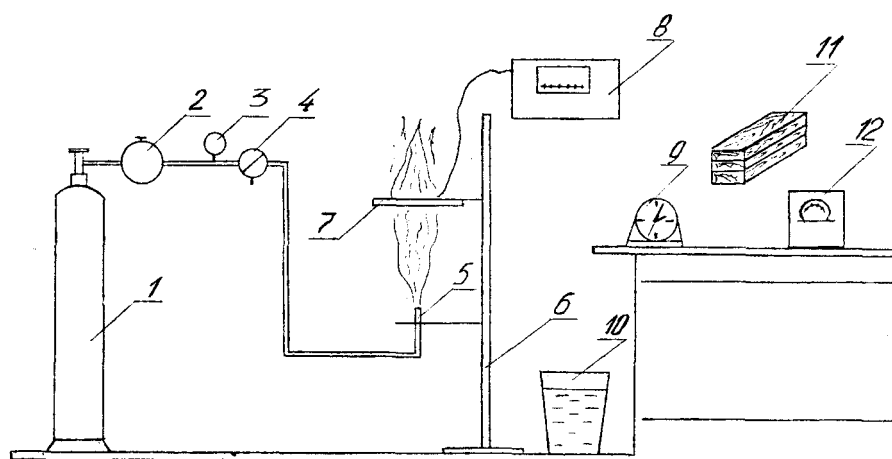


Рисунок 2.2. - Лабораторная установка для определения времени возникновения горения по обуглившимся предметам (изделиям) из древесины: 1 - баллон с горючим газом; 2 - редуктор; 3 - манометр; 4 -расходомер; 5 - горелка; 6 - кронштейн; 7 - образец; 8 - потенциометр; 9 -часы (секундомер); 10 - емкость с водой; 11 - образцы древесины; 12 -влагомер

В качестве источника горения используется природный газ или сжиженный газ от баллона 1, который через понижающий редуктор 2 последовательно под давлением проходит манометр 3, расходомер 4 к горелке "Бунзена" или горелке инфракрасного излучения.

Горящий газовый факел воздействует на образец древесины 7 в течение

определенного времени. Продолжительность воздействия фиксируется секундомером СМ-60.

Для оценки условий воздействия на образец древесины горящим факелом в нескольких точках по высоте факела и на поверхности образца устанавливаются хромель-алюмелевые термопары II, которые сблокированы с потенциометром типа КСП 8.

Измерение тепловых потоков в пламени или на некотором удалении от него основано на определении скорости нагрева изолированного элемента, выполненного из материала с хорошей проводимостью (медной пластины). Тепловой поток определяется по формуле:

$$q = (cm/F) (dT/d\tau), \quad (2.5)$$

где q - тепловой поток, Вт/м²; m - масса элемента калориметра, кг; c - теплоемкость материала медной пластины, используемой в качестве калориметра, кДж/(кг·град.); $dT/d\tau$ - скорость изменения температуры, град/с.

Кроме того, плотность теплового потока можно определить с помощью прибора ИПП-2, состоящего из регистрирующего прибора и зонда для измерения плотности теплового потока с диапазоном измерений 0...9999 Вт/м².

В качестве образцов древесины применяются бруски бука, дуба, ясеня, березы ($\rho = 0,94$ г/см³), сосны, кедра ($\rho = 0,73$ г/см³), осины, ольхи ($\rho = 0,5$ г/см³) размером 200x100x40 мм. Для испытаний подготавливают не менее 10 образцов, влажность которых измеряется влагомером 12.

Порядок выполнения работы

В начале занятий курсанты (слушатели) знакомятся с теорией вопроса, описанием лабораторной установки, порядком выполнения работы, получают исходные данные для проведения опыта у преподавателя или лаборанта. Лабораторная установка помещается под вытяжным шкафом, и опыты проводятся при включенной вентиляции. Опыты проводятся в той последовательности, как указано в практикуме.

Испытуемые образцы предварительно измеряют штангенциркулем или

металлической линейкой. Для определения плотности древесины образец взвешивают на аналитических весах АДВ-200 или УЛКТ-500, и плотность рассчитывают по формуле

$$\rho = G/abh, \quad (2.6)$$

где ρ - плотность древесины образца, г/см³; а, в, h - соответственно длина, ширина, высота образца, см; G - масса образца древесины, г.

Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 2.2.

После образец древесины закрепляется в специальной рамке по схеме "а", "б", "в" или "г" (рис. 3.1), которая задается преподавателем или лаборантом. Зажигается газ в горелке, регулируется высота факела пламени, измеряется температура пламени и плотность теплового потока. Данные по этим параметрам заносятся в табл. 2.2. После этого образец древесины с термопарами в нескольких точках вводят в факел пламени таким образом, чтобы воздействию подвергалась центральная часть образца. В это же время включается секундомер и фиксируется продолжительность задержки воспламенения образца, а также продолжительность его горения, заданная преподавателем или лаборантом. Одновременно определяется плотность теплового потока с помощью ИПП-2.

По истечении заданного времени горения образца его необходимо потушить водой и замерить глубину переугливания древесины не менее чем в трех точках. Результаты замеров заносятся в табл. 2.2. Измерения глубины выгорания и переугливания древесины осуществляют по схеме, изображенной на рис. 2.3, с точностью до 0,5 мм.

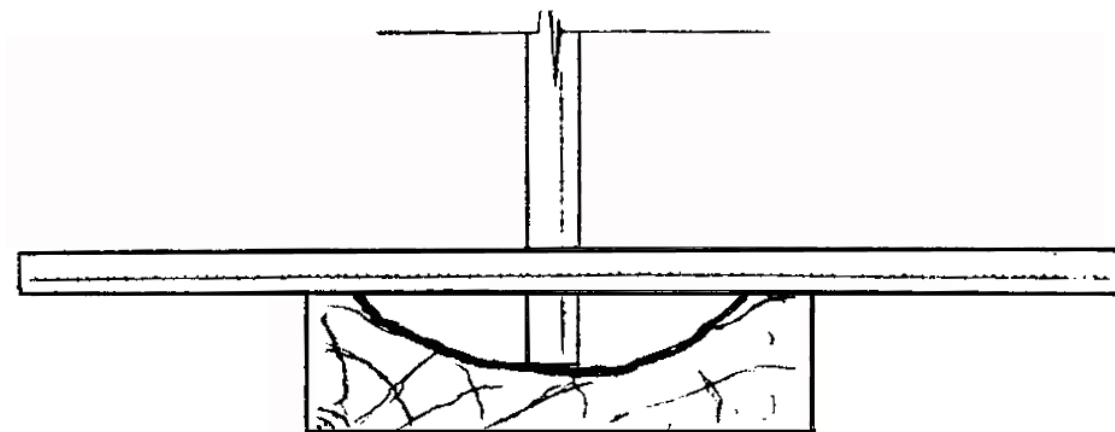


Рисунок 2.3. - Схема измерения глубины выгорания и переугливания древесины с помощью двух линеек

Качественная оценка слеодообразования характера горения образца осуществляется по изменению цветовой окраски поверхности древесины, подверженной воздействию факела пламени газовой горелки: 110-150 °С - желтый цвет; 150-230 °С - коричневый цвет; более 230 °С - черный цвет. Данная оценка отражается в общих выводах по результатам проведенных опытов.

Относительное отклонение времени возникновения горения образца определяется по формуле

$$\delta_{\tau_{\text{вз}}} = \frac{\tau_{\text{вз}}^{\text{опыт}} - \tau_{\text{вз}}^{\text{расч}}}{\tau_{\text{вз}}^{\text{расч}}} 100\%, \quad (2.7)$$

где $\tau_{\text{вз}}^{\text{опыт}}$ - время возникновения горения, определенное опытным путем, мин;
 $\tau_{\text{вз}}^{\text{расч}}$ - время возникновения горения, определенное расчетным путем, мин.

Время возникновения горения, определенное опытным путем, находим по формуле

$$\tau_{\text{вз}}^{\text{опыт}} = \tau_{\text{зв}}^{\text{опыт}} + \tau_{\text{пер}}^{\text{задан}}, \quad (2.8)$$

где $\tau_{\text{пер}}^{\text{задан}}$ - время переугливания древесины, заданное преподавателем, мин.

Время возникновения горения, определенное расчетным путем, находим по формуле

$$\tau_{\text{вз}}^{\text{расч}} = \tau_{\text{зв}}^{\text{расч}} + \tau_{\text{пер}}^{\text{расч}}, \quad (2.9)$$

где $\tau_{зв}^{расч}$ - время задержки воспламенения древесины, определенное по формуле (2.4); $\tau_{пер}^{расч}$ - время переугливания древесины, определенное по формуле (2.2) с учетом изменения скорости переугливания древесины в пределах 0,5-1 мм/мин.

Результаты опытов и расчетов заносятся в табл. 2.2 и делаются обобщающие выводы по проведенной лабораторной работе.

Таблица 2.2. – Результаты опытов и расчётов

Вид древесины	Теплофизические параметры древесины				Геометрические размеры образца, см			Значения и вид воздействия тепловых потоков и температуры			Глубина переугливания древесины, мм	Время, мин						Относительное отклонение времени возникновения горения образца, %
	влажность, %	плотность, г/см ³	теплоёмкость, Дж/(кг·К)	теплопроводность, Вт/(м·К)	длина	ширина	высота	плотность теплового потока, Вт/м ²	температура, °С	схема воздействия		задержки воспламенения, опытное	задержки воспламенения, расчётное	переугливания древесины, заданное преподавателем	переугливания, расчётное	возникновения горения, опытное	возникновения горения, расчётное	

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛВЖ И ГЖ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В КАЧЕСТВЕ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ В ВИДЕ СЛЕДОВ, С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Целью настоящей лабораторной работы является привитие навыков при определении следов ЛВЖ и ГЖ на различных предметах—носителях, которые выступают в качестве вещественных доказательств, подтверждающих или исключающих версию о причине возникновения пожара от поджога с применением нефтепродуктов или других видов растворителей.

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, масла и жиры, имеющие широкое применение во многих областях народного хозяйства, в быту, нередко являются причинами пожаров, вспышек, загораний.

При расследовании дел о пожарах остатки ЛВЖ, ГЖ, жиров и масел сравнительно часто являются вещественными доказательствами, которые могут изыматься чаще всего в небольших количествах и в виде следов.

Наиболее обширную и распространенную группу ЛВЖ и ГЖ, применяемых в хозяйстве и технике, составляют нефтепродукты, которые подразделяются на топливо (бензины, лигроины, керосины, солярка, газойль, мазуты и др.); растворители (бензин "Калоша", уайт-спирт и др.); смазочные масла (индустриальное, авиационное и др.) и масла специальных назначений (охлаждающие, изоляционные, медицинские и др.); консистентные смазки; отдельные углеводороды, их смеси - как сырье для химического синтеза и других целей (бензол, толуол, ксилол и др.). Эти жидкости в основном и представляются на исследование в качестве вещественных доказательств.

Наряду с нефтепродуктами часто необходимо исследовать такие вещества, как спирты, эфиры, альдегиды и кетоны, некоторые органические кислоты, растительные и животные жиры и т.д.

Все ЛВЖ и ГЖ независимо от своей природы имеют ряд общих констант, которые могут характеризовать их свойства. К ним относятся: плотность,

коэффициент рефракции, вязкость, фракционный состав; температуры застывания, кипения, вспышки, воспламенения, самовоспламенения и др.

Однако практическое применение методик определения тех или иных констант зависит от физико-химических свойств вещества, его назначения, а также количества, представленного для исследования. Так, например, определение фракционного состава может относиться только к нефтепродуктам, тогда как определение склонности вещества к самовозгоранию относится только к растительным и животным жирам и маслам.

Часто ЛВЖ и ГЖ поступают для исследования в виде следов - пятен на одежде, мебели, тех или иных предметах, на грунте, пожарном мусоре, на конструкциях и частях зданий. В этом случае исследование представляет большие трудности, и встает задача изыскания методов, с помощью которых исследование таких количеств жидкостей было бы возможным и имело бы доказательное значение. Пока еще не существует простого и универсального метода, который позволяет в любых условиях установить, какую жидкость содержит вещественное доказательство. Поэтому приходится проанализировать несколько физико-химических свойств жидкостей и по их совокупности судить о принадлежности жидкости к тому или иному классу или сходстве представленных объектов.

Исследование любого вещественного доказательства начинается с его внешнего осмотра и определения характерных признаков.

Под внешним осмотром понимается визуальное исследование вещественного доказательства и установление некоторых признаков, таких как: консистенция (жидкая подвижная, жидкая густая, липкая, мазеобразная), цвет, прозрачность, маслянистость, запах).

Определение запаха

Запах ЛВЖ и ГЖ, как правило, специфичен и может служить одним из признаков их распознавания. Запах определяется органолептическим методом.

Чем больше горючей жидкости содержится на исследуемых предметах, тем сильнее ощущается запах.

Сохранность запаха ЛВЖ и ГЖ на вещественных доказательствах зависит также от состояния, свойства материала и от времени. Так, например, запах бензина на доске ощущается около двух суток, запах керосина и других тяжелых нефтепродуктов более устойчив и может сохраняться около двух недель в случае хранения образцов в открытом состоянии. Хорошо упакованные образцы сохраняют запах еще более продолжительное время.

Например, эксперту на исследование был представлен кусок ватной прокладки спустя 51 день после его изъятия, от которого исходил резкий запах керосина. Как выяснилось из материалов уголовного дела, вещественное доказательство при изъятии было сразу же упаковано в плотную бумагу и ящик.

Если запах слабый и заглушается наличием других запахов, например, гари, то его определяют следующим образом. Берется проба в виде вырезки из пятна (если это ткань), стружка или грунт и т.д. и помещается в склянку с плотно закрывающейся пробкой, добавляется несколько кристаллов марганцовокислого калия (KMnO_4) для уничтожения посторонних запахов (гари, гнили и т.д.). Затем в склянку наливают немного воды, закрывают пробкой и подогревают на водяной бане до 50-70 °С. После этого быстро открывают пробку и определяют наличие запаха. Этим методом можно обнаружить ничтожно малые следы горючих жидкостей (керосина, бензина и др.), запах которых до нагревания почти не ощущался. Однако для окончательного вывода о наличии горючих жидкостей одной лишь пробы на запах явно недостаточно, поэтому их подвергают дальнейшему исследованию с помощью люминесцентного анализа.

Исследование в ультрафиолетовых лучах

Ультрафиолетовые лучи обладают способностью возбуждать явления люминесценции.

Под люминесценцией понимается холодное свечение вещества, возникающее под влиянием освещения его ультрафиолетовыми или рентгеновскими лучами. По длительности люминесценция разделяется на флюоресценцию (кратковременное свечение) и фосфоресценцию (длительное послесвечение).

Большое количество веществ, в особенности органических, обнаруживают люминесценцию (свечение) при облучении их ультрафиолетовыми лучами. При этом для одного и того же вещества, при одних и тех же условиях цвет люминесценции (флюоресценция) является постоянным.

Некоторые ЛВЖ и ГЖ, в частности нефтепродукты, также обладают свойством люминесцировать. На этом свойстве и основывается метод исследования их в ультрафиолетовых лучах.

Источниками ультрафиолетовых' лучей служат ртутно-кварцевые лампы (ПРК-2, ПРК-4), газосветные лампы (БУВ-15), электрические угольные дуги, ультрамикроскоп типа УИ-1, переносные ультрафиолетовые осветители и др.

Для устранения действия видимого света, частично испускаемого упомянутыми источниками, используются светофильтры марки УФС-1,2,3, пропускающие лишь ультрафиолетовые лучи.

Для исследования в лабораторных условиях может быть использована стационарная медицинская ртутно-кварцевая лампа. Лампа заключается в светонепроницаемый кожух, в нижней части которого имеется рамка, в последнюю вставляются светофильтры. Наблюдение производится в темной комнате или кабинете.

Исследование в ультрафиолетовых лучах, по существу, является визуальным наблюдением люминесценции (флюоресценции) горючих жидкостей в виде пятен на предметах или в чистом виде (после экстрагирования).

Следует иметь в виду, что одна и та же жидкость, хорошо люминесцирующая на каком-то определенном материале или предмете, может

совсем не люминесцировать, будучи нанесенной на другой предмет. Так, например, на исследование были представлены два мужских грубошерстных пальто с явными следами нефтепродукта, легко обнаруживаемыми невооруженным глазом. При рассмотрении этих вещественных доказательств в ультрафиолетовых лучах люминесценции пятен обнаружено не было. Эти же пятна, переведенные на белую фильтровальную бумагу, давали яркую фиолетово-голубую люминесценцию, характерную для керосина.

Пятна керосина, нанесенные на различные сорта бумаги, имеющей разные цвета, также вызывают разную люминесценцию. Так, например, на голубой бумаге пятно люминесцирует голубовато-фиолетовым цветом; на серовато-голубой бумаге таким же цветом, как и бумага, но более темным; на желтой - почти незаметно желто-серым цветом; на голубой оберточной бумаге - ярко-сиреневато-розовое свечение, более темное, чем люминесценция бумаги; на белой бумаге пятно люминесцирует темно-фиолетовым, а бумага - ярко-фиолетовыми цветами; на белой бумаге другого сорта пятно люминесцирует фиолетово-голубоватым, а бумага - светлосерым цветами.

На фанере и сосне пятна керосина показывают очень слабую, едва различимую люминесценцию фиолетового цвета. При этом необходимо заметить, что сама древесина также показывает неравномерную фиолетовую люминесценцию. Это связано со строением древесины и ее качеством.

На свежих продольных срезах древесина более ярко люминесцирует, в особенности в смоляных каналах, имеющих вид тонких нитей.

Свежесть и толщина слоя (пятна) также оказывает влияние на люминесценцию.

Все это приходится учитывать. При исследовании пятен ЛВЖ и ГЖ на различных материалах их надо переводить на материал, который сам по себе слабо люминесцирует и не гасит, а усиливает люминесценцию пятна жидкости, не искажая его характера.

В качестве такого материала может быть рекомендована белая

фильтровальная бумага. Люминесценция малого количества жидкости (одна-две капли) хорошо наблюдается на фарфоре.

Глубина проникновения жидкостей в древесину (не более 0,3-1 мм) зависит от структуры и плотности образца. Образцы древесины люминесцируют сами, но яркость и цвет люминесценции по поверхности образца неравномерны. Образцы более рыхлой древесины показывают совсем отличную люминесценцию - желтоватого цвета.

По яркости и силе люминесценции пятен на образцах древесины их можно расположить в последовательности, приведенной в табл. 3.1.

Из таблицы 3.1 видно, что яркость люминесценции усиливается с увеличением плотности жидкости. Пятна более легких фракций нефти (бензин, лигроин, керосин) на древесине могут быть не обнаружены в ультрафиолетовых лучах, даже в свеженанесенном состоянии и в особенности с течением времени.

Таблица 3.1. - Цвет люминесценции в зависимости от плотности ЛВЖ и ГЖ

Наименование жидкости	Плотность, г/см ³	Цвет люминесценции
Бензин	0,735-0,76	Не заметен
Керосин	0,82	Едва уловимый фиолетовый, сливающийся с люминесценцией образцов древесины
Дизельное топливо	0,84	Фиолетовый слабый, сильнее, чем у керосина
Масло веретенное	0,89	Фиолетовый, более яркий, чем у дизельного топлива
Соляровое масло	0,9	Яркий, голубовато-фиолетово-белый
Авиационные масла	0,9	Молочно-голубоватый
Масло машинное	0,92	Яркий, фиолетово-голубой, сходный с соляровым маслом
Моторное Масло	0,92	Яркий, желтый
Автол	-	Яркий, молочно-голубой

Необходимо иметь в виду, что у большинства нефтепродуктов цвета люминесценции сходны, но различаются они по интенсивности и оттенкам. Некоторые топлива, например, ДЛ и ДЗ имеют сходную люминесценцию в

ультрафиолетовых лучах. Смазочные вещества, близкие по плотности и коэффициентам рефракции, имеют практически одинаковую люминесценцию.

Однако при капельных количествах исследуемого вещества тщательное исследование в ультрафиолетовых лучах, установление цвета, консистенции дает возможность в большинстве случаев сделать вполне определенный вывод, особенно при сравнительном исследовании.

Описание лабораторной установки

В лабораторную установку входят: набор пробирок с контрольными и экспериментальными жидкостями; стекла; фильтровальная бумага; пипетки; образцы древесины со следами жидкости или образцы грунта; источники ультрафиолетовых лучей в виде: ртутно-кварцевых ламп типа ПРК-2, ПРК-4, газосветовых ламп типа БУВ-15, ультрамикроскопа типа УП-1 или переносного ультрафиолетового осветителя, секундомер типа СМ-60.

Порядок описания работы

На предмет-носитель (образец древесины или земли) наносится экспериментальная жидкость в количестве 5 мл. После чего предмет-носитель поджигается и включается секундомер. Время выгорания экспериментальной жидкости задается преподавателем, но не должно превышать 2 мин.

По истечении заданного времени горение прекращается путем погружения образца в емкость с водой, а на образце грунта - закрыванием ступки плотной крышкой.

Завершив опыты с горением экспериментальной жидкости на предмете-носителе, необходимо подготовить исследуемые образцы и контрольные жидкости для люминесцентного анализа. Для этого необходимо перенести пятна и следы ЛВЖ и ГЖ с объекта на нейтральную основу в виде фильтровальной бумаги.

Для перенесения пятна (например, керосина) с объекта на фильтровальную бумагу поступают следующим образом:

- берется кусок стекла;

- на стекло накладывается лист белой фильтровальной бумаги; на фильтровальную бумагу накладывают исследуемый участок с пятном на ткани, стружке, грунте и т.п.;
- на участок с пятном накладывается второй лист фильтровальной бумаги, а сверху нее второй кусок стекла;
- все это помещают под какой-нибудь тяжелый предмет, соблюдая осторожность, чтобы не разбить стекла.

Для ускорения перевода ЛВЖ и ГЖ на фильтровальную бумагу можно пользоваться нагретым до невысокой температуры металлическим предметом (утюгом), но его нельзя применять при исследовании пятен на древесине.

После перенесения следов ЛВЖ и ГЖ с предметов-носителей на нейтральную основу, а также нанесения капель контрольных жидкостей на фильтровальную бумагу образцы подвергаются ультрафиолетовому облучению и по цвету люминесценции определяется вид экспериментальной жидкости (см. табл. 3.3).

Отчет по лабораторной работе № 3 следует составить по форме, приведенной в таблице 3.2.

Таблица 3.2. - Отчёт по лабораторной работе

Номер исследуемого образца	Внешний вид исследуемого вещества	Запах	Люминесценция жидкости на белой фильтровальной бумаге	Вывод (указать наименование исследуемой жидкости)
1. Жидкость на предмете-носителе				
2. Контрольная жидкость №1				
3. Контрольная жидкость №2				
3. Контрольная жидкость №3				

Таблица 3.3. - Физико-химические свойства наиболее распространенных легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Наименование жидкости	Цвет	Запах	Консистенция	Плотность, см ³	Температура вспышки °С	Температура самоподжигания, °С
Бензин авиационный Б-70	Бесцветный, прозрачн.	Специф. бензин.	Жидкая, легко подвижная	0,7357	-34	300
Бензин автомобильный стабильный	В проходящем свете светло-желтый с коричневым оттенком			0,7980	-27	370
Керосин тракторный	В проходящем свете светло-желтый	Специф. керосин	Жидкая	0,8207	27	250
Керосин осветительный	Бесцветный, прозрачный	Специф. керосин	Жидкая	0,8209	53	216
Дизельное топливо ДЗ (зимнее)	В проходящем свете светло-желтый	Слабый керосин		0,8618	48	240
Дизельное топливо ДЛ (летнее)	В проходящем свете темно-желтый			0,8705	71	310
Дизельное топливо ДС (специальное)	В проходящем свете светло-желтый			0,8440	92	345
Соляровое масло	В проходящем свете светло-коричневый, прозрачный		Вязкая	0,9014	142	360
Мазут флотский Ф-12	Темно-коричневый, не прозрачный		Густая	0,9295	158	390
Масло промышленное 12 (веретенное)	В проходящем свете соломенно-желтый	-	Вязко-жидкая	0,8970	164	280
Масло турбинное 57», (турбодвигательное)	В проходящем свете соломенно-желтый		Вязкая	0,900	193	390
Масло трансформаторное	В проходящем свете темно-желтый, прозрачный		Вязкая	0,877	147	270
Масло промышленное 45 (машинное)	Темно-коричневый		Густая, вязкая	0,9171	181	355
Масло промышленное 50 (машинное)	Коричневый		Густая, вязкая	0,9030	200	380
Масло промышленное 20 (веретенное)	Коричневый		Вязкая	0,9147	158	320

Продолжение таблицы 3.3.

Наименование жидкости	Цвет	Запах	Консистенция	Плотность, см ³	Температура вспышки °С	Температура самоподплавления, °С
Масло автотракторное АК- 10 (ГОСТ 1862-51)	Коричневый		Густая	0,9300	167	340
Масло АК- 15 (тракторное)	Коричневый	-	Густая	0,9300	167	340
Масло цилиндрическое 2	Коричневый		Густая, вязкая	0,9274	197	350
Масло цилиндрическое 52 "Вапор"	Коричневато- темно-зеленый		Густая, мазеподобная	0,9030	310	360
Масло авиационное МК-22	В проходящем свете темно- коричневый, прозрачный		Густая, вязкая	0,9015	259	380

ЭКСПРЕССНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБУГЛЕННЫХ ОСТАТКОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГОРЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДМЕТОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для проведения лабораторной работы № 4 используется комплект, состоящий из пресса, прессформы и мегометра.

Назначение и область применения

Комплект предназначен для экспрессного определения на месте пожара удельного электрического сопротивления обугленных остатков древесины с последующим нахождением ориентировочной температуры и длительности горения отдельных предметов и элементов деревянных конструкций.

Комплект применяется при исследовании пожара с целью выявления его очаговых признаков.

Комплект может быть использован при анализе проб древесных углей как на месте пожара, так и в лабораторных условиях.

Устройство и принцип работы

Пресс с прессформой обеспечивает сжатие обугленных остатков древесины до давления прессования $34-39 \text{ кг/см}^2$, измерение электросопротивления столбика угля постоянной высоты в момент сжатия в направлении приложения давления.

Пресс (см. рис.4.1) состоит из следующих основных деталей: корпуса (поз.4), двух поршней диаметрами 16 и 30 мм (5; 8), стакана (19), винта М1 О х 1,5 (1), ручки (2), возвратной пружины (9), манометра типа МТ-600 ГОСТ 2405-80 (36), уплотнительных резиновых колец ГОСТ 9833-73 (32, 33, 34). Прессформа состоит из пуансона верхнего диаметром 3 мм (6), матрицы (12), нижнего пуансона (14) и изолирующей втулки (13).

Необходимое давление прессования таблетки, исследуемой пробы угля, в прессформе между нижним и верхним пуансонами создается перемещением

поршня (5) в корпусе (4). Создаваемое усилие передается веретенным маслом АУ ГОСТ 16422-75 на поршень (8), который давит на верхний пуансон (6). Давление, создаваемое в гидроцилиндре, регистрируется манометром. При вывинчивании винта (1), поршень (8) под действием пружины (9) возвращается в исходное положение.

Матрица (12) и нижний пуансон (14) одновременно являются электродами, между которыми измеряется электрическое сопротивление таблетки угля. Втулка (13) и шайбы (15, 16) служат для изоляции этих двух электродов между собой. Для замера электросопротивления применяется мегометр с диапазоном измерения $1 \dots 10^{10}$ Ом.

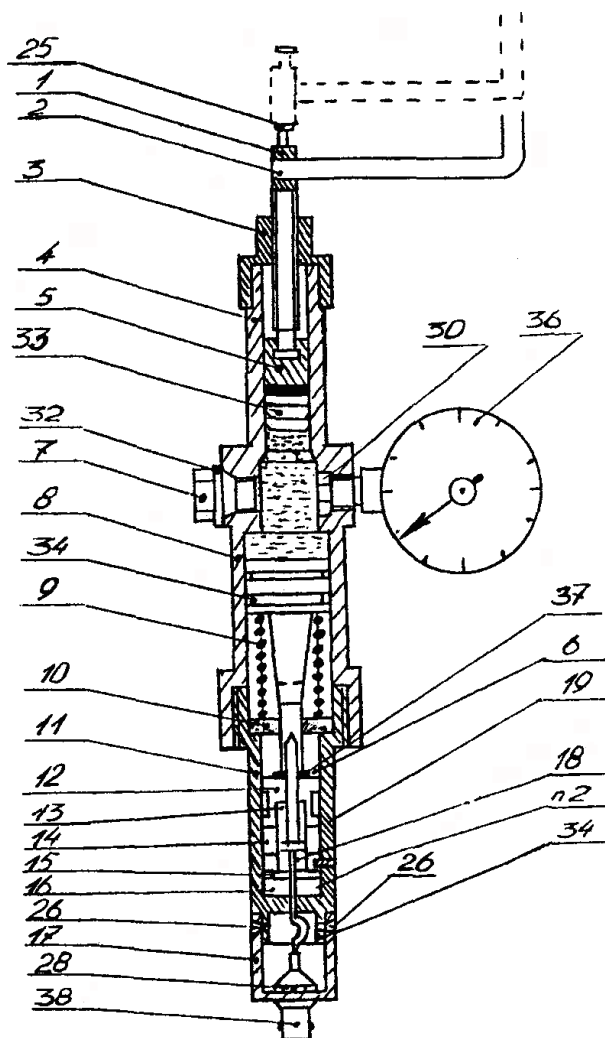


Рисунок 4.1. - Пресс с прессформой: 1- винт; 2 - ручка; 3 - крышка; 4 - корпус; 5, 8 - поршни; 6, 14 - пуансоны; 7 - пробка; 9 - пружина; 10, 15, 16, 30 - шайбы; 11 - пята; 12 - матрица; 13, 18 - втулки; 17 - крышка; 19 - стакан; 24-26 -

винты; 28 - гайка; 32-34 - кольца уплотнительные; 36 - манометр; 37 - резиновое кольцо; 38 - розетка приборная

Указание мер безопасности

При работе с приборами обслуживающим персоналом должны выполняться общие правила работы с электрическими установками и правила, указанные в техническом описании мегометра. Лица, допущенные к работе, должны иметь соответствующую техническую /подготовку и квалификацию. При работе с прессом необходимо иметь в виду, что в нем развивается давление до 390 МПа. Запрещается разборка пресса под давлением, в частности, - выкручивание пробки (7).

Описание метода

Процесс термического разложения древесины начинается, как известно, уже при температуре около 150°C с разложения гемицеллюлозы. При температуре 200°C начинается плавление и конденсация ароматических ядер лигнина, при 180-300°C происходит дегидратация целлюлозы с образованием несопряженных двойных связей и появлением при 220°C ароматических и конденсированных ароматических структур. Конденсация, сшивка с образованием углефицированных структур происходит в древесине при нагревании параллельно с деструкцией, выделением летучих (газообразных продуктов, смолы), а также вследствие вторичных процессов с участием тех же летучих (рис. 4.2.). За пределом 300°C обычная структура древесины исчезает, уступая место конденсированным системам с известной степенью ориентации.

При дальнейшем нагревании углефицированные структуры не остаются неизменными, и уголь, образовавшийся, например, при температуре 350°C существенно отличается от угля, который нагревался до температуры 700-800°C. Чем выше температура, тем большее число боковых групп отщепляется от ароматических ядер макромолекул. Часть углерода, водород, кислород

удаляются при этом в виде летучих соединений. Структурные соединения угля все более конденсируются, образуя плоскую решетку, подобную графитной, и все более приближаясь к графиту.



Рисунок 4.2. - Поперечный разрез бруса горячей или подвергающейся пиролизу древесины: 1 - зона растрескивания и образования трещины; 2 - ненарушенная зона; 3-углистый остаток; 4— зона пиролиза; 5- зона, не охваченная пиролизом. Черными стрелками указаны возможные направления движения летучих продуктов

Происходящие под действием температуры перестройки приводят к изменению целого комплекса структурных параметров, физических и химических свойств древесных углей. Однако далеко не все параметры могут быть использованы в качестве тестовых при проведении исследований обгоревших остатков древесины.

Работы Ленинградского филиала ВНИИПО показали, что физико-химические свойства угля, образующегося в условиях, приближенных к пожару, определяются в основном температурой и продолжительностью теплового воздействия. Влияние прочих условий, например, воздухообмена, как правило, второстепенно и им в первом приближении можно пренебречь. С

температурой* и продолжительностью нагрева надежно коррелируются

* Под температурой нагрева (пиролиза) ($t^{\circ}\text{C}$ или $T\text{ K}$) здесь и далее по тексту подразумевается средневременная температура, определенная графическим интегрированием площади под кривой изменения температуры на поверхности древесины (угля), т.е.

$$t = \frac{\int_0^{\tau} F(\tau) d\tau}{\tau}, \text{ где } \tau - \text{продолжительность пиролиза объекта.}$$

следующие свойства древесных углей: электропроводность, содержание летучих, элементный состав (а именно - атомное соотношение Н/С), функциональный состав (по данным ИК-спектроскопии).

Остаточное содержание летучих в угле с увеличением температуры и продолжительности горения последовательно снижается в интервале от 50 до 10 : 5 % масс. Объясняется это тем, что с ужесточением режима пиролиза уголь отщепляет все большую часть термически лабильных фрагментов.

Одновременно содержание углерода в угле растет, а водорода снижается за счет развития процессов ароматизации и карбонизации угольного вещества. Наиболее четко влияние условий горения проявляется, как установлено, в величине атомного соотношения Н/С, которое показывает, сколько в среднем атомов водорода приходится в угле на один атом углерода, т.е. объективно отражает степень ароматичности, конденсированности структуры. С ужесточением режима горения Н/С ат. последовательно снижается в интервале 0,7 + 0,2 (у древесины Н/С ат = 1,53).

Эл. сопротивление древесных углей с развитием процессов карбонизации последовательно снижается в интервале от 10^8 - 10^{10} Ом до ед. Ом. На макромолекулярном уровне это можно объяснить тем, что в данных условиях ароматические углеродные кольца начинают слагаться в сетки, образующие мощную систему полисопряжения, в которой делокализация электронного облака приводит к выходу подвижных электронов в пространство между атомными сетками.

В результате электропроводность вещества резко возрастает.

Изменение спектральных (ИК) характеристик углей тоже является закономерным следствием описанных выше процессов. Наиболее информативной в экспертных исследованиях оказывается оптическая плотность полосы 1240 см^{-1} , измеренная относительно поглощения в области 1800 см^{-1} . Снижение $1240/1800$ на всех этапах горения отражает последовательное уменьшение в угле соотношения "компоненты лиггиноуглеводного комплекса/графитизированные структуры".

Зависимость перечисленных выше параметров структуры угля от температуры, продолжительности теплового воздействия может быть выражена, как показал анализ экспериментальных данных, уравнениями Аррениусового типа для химических реакций второго или третьего порядков.

Так, например, зависимость удельного электросопротивления углей от температуры и длительности теплового воздействия выражается формулой

$$\ln \frac{10 - P}{P \cdot \tau_0} = 4,16 - \frac{6270}{T} \quad (4.1)$$

где P - десятичный логарифм удельного электросопротивления пробы угля.

Рассмотрим теперь процесс обугливания древесины вглубь под воздействием внешних тепловых потоков.

Анализ собственных экспериментальных, а также литературных данных, полученных при различных внешних тепловых потоках и условиях воздухообмена, показал, что в первом приближении кинетика обугливания древесины вглубь может быть описана уравнением нулевого порядка, т.е. зависимость глубины обугливания от времени близка к прямолинейной. Зависимость константы скорости обугливания от температуры может быть выражена уравнением Аррениуса, которое после подстановки эмпирически найденных коэффициентов имеет вид:

$$\ln \frac{bH}{\tau - \tau_0} = 2,01 - \frac{1730}{T} \quad (4.2)$$

где H - глубина обугливания древесины, мм;

τ_0 - "индукционный период", т.е. период времени, который проходит до момента, от которого процесс обугливания вглубь начинает идти со скоростью, близкой к постоянной.

Коэффициент b введен по данным с целью учета влияния толщины конструкции на кинетику процесса обугливания и рассчитывается по формуле

$$b = \frac{\sqrt{h}}{6} \quad (4.3)$$

где h - исходная толщина элемента конструкций в направлении действия теплового потока, мм.

Таким образом, изменение ряда физико-химических свойств угля; с одной стороны, и собственно процесс обугливания древесины – с другой, могут быть описаны уравнениями формальной кинетики Аррениусового типа. Совместное решение этих уравнений позволяет по результатам измерения глубины обугливания древесины в выбранной точке и исследования отобранного в этой же точке угля определять неизвестные параметры процесса обугливания - ориентировочную средневременную температуру (T , t) и ориентировочную продолжительность горения древесины по уравнению 0 - порядка

$$\tau_\partial = \tau - \tau_0 \quad (4.4)$$

Необходимые для этого формулы приведены ниже, в подразделе обработки результатов исследований.

Продолжительность "индукционного периода" - τ_c - находится после вычисления T по уравнению:

$$\tau_c = 77 - 0,086 T \quad (4.5)$$

Уравнение действительно при температуре менее 895 К. При более высоких температурах τ_c не вычисляется и принимается равным нулю.

Время горения древесины в точке отбора пробы с учетом "индукционного периода" - τ находится после вычисления τ_∂ и τ_0 суммированием этих двух величин.

Таким образом, решением уравнений удастся определить важнейшие параметры процесса обугливания древесины на месте пожара. Следует иметь в

виду, что уравнения описывают лишь стадию обугливания древесины. Однако на практике встречаются случаи, когда древесина углефицируется на всю глубину конструкции. Пламенное горение при этом прекращается, начинается гетерогенное горение угля, которое может продолжаться вплоть до образования сквозных прогаров.

Чтобы учесть время, необходимое для выгорания угля, предлагается эмпирическая формула:

$$\tau_y = \Delta H_y \cdot \exp \frac{690}{T} \quad (4.6)$$

где ΔH_y - толщина выгоревшего слоя угля.

После определения τ и τ_y , общее время теплового воздействия в зоне отбора пробы находится по формуле:

$$\tau_{\text{общ}} = \tau + \tau_y = \tau_d + \tau_o + \tau_y \quad (4.7)$$

При этом предполагается (естественно, в грубом приближении), что заметное выгорание угля начинается после завершения пиролиза древесины.

Предложенная методика расчетов может описать сложный и многофакторный процесс пиролиза древесины на пожаре приближенно и упрощенно. Поэтому определенные таким образом T и $\tau_{\text{общ}}$ следует рассматривать - подчеркиваем еще раз - как ориентировочные.

По сравнению с реальным пожаром $\tau_{\text{общ}}$ может получаться заниженным, так как в нем невозможно учесть период, предшествующий началу пиролиза древесины, например, период тления материалов, находящихся в соприкосновении с древесиной.

T будет существенно зависеть от степени черноты и шероховатости поверхности, поэтому ее величину, вычисленную по предлагаемым формулам, также следует рассматривать как ориентировочную. Вычисленную величину T надо рассматривать как средневременную и ориентировочную, так как процесс горения на пожаре, естественно, весьма далек от изотермического.

Завышение величины T и существенно заниженные $\tau_{\text{общ}}$ будут получаться в том случае, когда участок очага пожара, на котором развивалось длительное

тление, подвергся затем очень интенсивному тепловому воздействию от горящих вокруг предметов.

Однако, несмотря на отмеченные особенности, применение методик, несомненно, повысит объективность и точность результатов работы по установлению очага пожара и его причины.

Рассмотрим некоторые особенности применения предлагаемых методик и возможные сферы их использования:

1. При анализе угля на участках сплошной углефикации, при исследовании сквозных прогаров рекомендуется использовать методы определения электросопротивления, ИК-спектроскопии. Методы, основанные на определении остаточного содержания летучих и элементного состава, в данном случае менее надежны, так как данные характеристики могут резко меняться по мере выгорания угля.

2. Приведенные выше расчетные формулы могут быть использованы для исследования обугленных остатков древесины как хвойных (сосна, ель), так и лиственных пород (береза, осина). Никаких существенных отличий в перечисленных выше физико-химических свойствах углей у различных пород древесины не выявлено.

3. Условия воздухообмена при проведении исследований можно не учитывать.

4. Различия в применяемых средствах пожаротушения (вода, вода с пенообразователем, воздушно-механическая пена, углекислота) не влияют на физико-химические свойства древесных углей, которые предлагаются в данном руководстве для использования в качестве тестовых, естественно, если угли подготовлены к исследованию в соответствии с приведенными в разделе рекомендациями. Таким образом, указанные выше методы могут применяться вне зависимости от способа тушения.

5. Возможное присутствие на поверхности древесины в момент возникновения пожара ЛВЖ и ГЖ, смол и т.п. продуктов не сказывается на

компонентном составе и свойствах углей. На обугленных поверхностях древесины не сохраняется детектируемых современными аналитическими методами остатков ЛВЖ, даже тяжелых полиядерных компонентов нефтепродуктов.

Сохранение на поверхности угля некоторых других мешающих его анализу компонентов, например, минеральных остатков лакокрасочных покрытий, вероятно. Поэтому, при отборе проб рекомендуется очищать поверхность угля от хлопьев золы.

6. Все рассмотренные выше физико-химические свойства угля существенно меняются по глубине угольного слоя. Это обуславливает очень жесткие требования к отбору проб угля на месте пожара, изложенные в специальном разделе.

Однако в отдельных случаях данная закономерность может дать при исследовании пожара дополнительную информацию - указать направление теплового воздействия на конструкции.

Обычно определить, с какой стороны происходил нагрев древесины, несложно. Если же конструкция полностью углефицирована, то сделать это визуально гораздо труднее. В этом случае необходим послойный анализ угля. Если измерения покажут увеличение электросопротивления E (1240/1800) от слоя к слою, то можно заключить, что волна обугливания продвигалась в направлении от меньших значений данных величин к большим. В качестве примера в таблице приведены физико-химические свойства ближнего и дальнего (от источника нагрева) слоев обугленного остатка сосновой доски, представляющего собой полностью углефицированную массу толщиной 32-34 мм ($H = 36$ мм).

Таблица 4.1. - Сравнительные данные по свойствам верхнего и нижнего слоев древесного угля ($t = 750^{\circ}\text{C}$, $\tau = 30$ мин)

	Летучие, % масса	Ом/см	$H/C_{\text{ат}}$	1240/1800
Ближний слой	12,8	$1,6 \times 10^3$	0,335	- 0,152

Дальний слой	15,3	$5,1 \times 10^5$	0,508	+ 0,0065
--------------	------	-------------------	-------	----------

Работа на месте пожара. Отбор проб углей

Применение предлагаемых инструментальных методов не только не исключает, но и предусматривает тщательное визуальное исследование обгоревших конструкций и предметов. Такое исследование необходимо, во-первых, для выявления видимых признаков очага и характерных особенностей термического воздействия, так или иначе характеризующих условия горения на пожаре. Во-вторых, оно необходимо для выбора точек отбора проб древесных углей.

Отбор проб целесообразен в точках с наибольшей глубиной обугливания (H), на участках, где по тем или иным соображениям предполагается очаг пожара, зона длительного тления, а также в других точках, информация о длительности и интенсивности процесса горения в которых представляет первоочередной интерес для исследователя.

Весьма целесообразен отбор проб в значительном количестве точек (15-20 и более) и по всей зоне пожара. Это дает возможность довольно объективно воссоздать картину его развития.

Важно, чтобы в намеченных точках отбора проб слой угля не был нарушен, сколот.

В выбранных точках методом пенитрации измеряется толщина слоя угля (h_y); удобнее всего это делать с помощью штангенциркуля -глубиномера. При его отсутствии для измерений может быть использована тонкая металлическая линейка. Она также легко протыкает слой угля, но не входит в древесину.

Кроме толщины слоя угля, в данной точке определяется величина потери сечения конструкции (h_n). Глубина обугливания древесины для каждой точки будет равна: $H=h_y+h_n$. Определяют также первоначальную толщину элемента конструкции на данном участке h . Делают это либо измерением конструкции на уцелевшем участке, либо путем обмеров аналогичных конструктивных элементов (досок пола, балок и т.п.). Затем приступают к отбору пробы.

С помощью ножа, скальпеля на исследование отбирают верхний (3-5 мм) слой угля, предварительно смахнув с него кисточкой хлопья золы и частички пожарного мусора. Количество отбираемого угля определяется тем, какой метод анализа применяется в дальнейшем.

Следует помнить, что свойства угля меняются по слоям, поэтому слой нужно отбирать по возможности точно и аккуратно.

В местах сплошных прогаров уголь отбирают по склону "кратера" прогара, желательно в 2-3 точках, отдельными пробами.

В случае же крупных трещин пробу отбирают не в трещине, а на поверхности элемента конструкции. Здесь же измеряют толщину обугленного слоя.

Уголь необходимо отбирать со стороны, обращенной к источнику теплового воздействия. Если неясно, откуда происходило огневое воздействие, то отдельные пробы отбирают с двух сторон.

Отобранный уголь упаковывают в полиэтиленовый пакет или другую тару, отмечают номер пробы, место ее отбора на плане; в специальном протоколе фиксируют измерения линейных параметров угля (h_n , h_y h).

Лабораторный анализ углей

Рекомендуемые в данном разделе методы исследования древесных углей весьма просты и, за исключением спектральных методов и термического анализа, не требуют сложного и дефицитного оборудования. Таким образом, работа по методике может быть обеспечена в условиях любой испытательной пожарной лаборатории.

В практической работе предпочтительно использовать сразу два-три метода, так как в этом случае имеется возможность сравнить результаты, а это повысит объективность и надежность выводов по результатам исследования. Однако в первую очередь целесообразно осваивать и использовать методы, позволяющие расчетным путем определять численное значение параметров

горения. Это методы, основанные на определении электросопротивления, содержания летучих, элементном анализе.

По трудоемкости эти методы можно, видимо, распределить в следующий ряд: электросопротивление - содержание летучих - элементный анализ, т.е. определение электросопротивления - наиболее экспрессный метод. Достоинством данного метода является также то, что электросопротивление угля меняется в зависимости от условий пиролиза в очень широких пределах - на 7-9 порядков. Поэтому высокой точности измерений для обеспечения надежных результатов расчета не требуется.

Метод по электросопротивлению обладает по предварительным данным большей универсальностью; как указывалось выше, методы определения содержания летучих и элементного анализа могут давать существенные ошибки при анализе углей на участках сплошного (по глубине) обугливания и сплошных прогаров.

Подготовка проб для анализов

Подготовка проб углей заключается в их измельчении и сушке до постоянной массы. Пробы углей, отобранные на месте пожара, растирают пестиком в фарфоровой ступке и подсушивают до воздушно-сухого состояния. Сушку можно проводить в сушильном шкафу при температуре не выше 105°C или в вакуумном сушильном шкафу. Сушка под вакуумом более предпочтительна. Ее можно проводить при 30-40 °C или даже при комнатной температуре. В качестве осушающих средств в шкаф вместе с пробой помещают пятиокись фосфора (фосфорный ангидрид P_2O_5) или прокаленный хлористый кальций.

После подсушивания угли еще раз измельчают и просеивают через сито 250 мкм. Затем фракцию < 250 мкм высушивают в указанных выше условиях окончательно, до постоянной массы. После этого уголь готов к исследованию.

Высушивание до постоянной массы является обязательной предварительной стадией всех перечисленных ниже анализов.

Определение электросопротивления

1. Измельченную пробу угля загрузить в собранную прессформу в таком количестве, чтобы при прессовании получилась таблетка толщиной не менее 1 мм. Перед загрузкой прессформу необходимо протереть ацетоном и продуть.

2. Вставить прессформу между неподвижной опорой и поршнем пресса, а затем, вращая ручку винта пресса, сдавить пробу угля до давления прессования, соответствующего показаниям манометра от 3,4 до 3,9 мПа (34-39 кг/см²). При достижении указанного давления измерить электрическое сопротивление угля. Полученные результаты занести в табл. 4.2.

Расчет параметров пиролиза приводят по формуле:

$$\tau_o = \exp(1,38 \ln(bH) + 0,381 \ln \frac{P}{10 - P} - 1,19) \quad (4.8)$$

$$T = \frac{4540}{\ln \frac{bHP}{10 - P} + 2,15}, \text{ К} \quad (4.9)$$

Кроме того, t и τ_o могут быть определены графически с помощью номограмм, приведенных на рис. 4.3 и 4.4. На номограмме находят точку пересечения кривых, примерно соответствующих значениям P и H анализируемой пробы. Координаты этой точки на осях абсцисс и ординат соответствуют ориентировочным значениям t и τ_o для точки отбора проб обугленных остатков.

Формулы 4.8, 4.9 и номограмма рис. 4.3 применены при $2 < P < 10$.

При $P < 2$ температуру и длительность горения следует определять по номограмме рис. 4.4. (см. приложение). При этом, однако, данные по длительности горения получаются существенно заниженными, что следует учитывать при их использовании.

$\tau_{\text{общ}}$, τ_c , τ_y рассчитывают по формулам 4.5-4.7.

Температура горения древесностружечных плит определяется по номограмме рис. 4.4.

Таблица 4.2. – Результаты работы

№ точки отбора	Место отбора	h_y , мм	h_n , мм	$H = h_y + h_n$, мм	h , мм	b	$b \cdot H$	R , Ом	$*r$, Ом·м	$P = \lg(r)$	T , К	t , °C	τ_0 , мин	$**\tau_0$, мин	$\tau = \tau_0 + \tau_0$

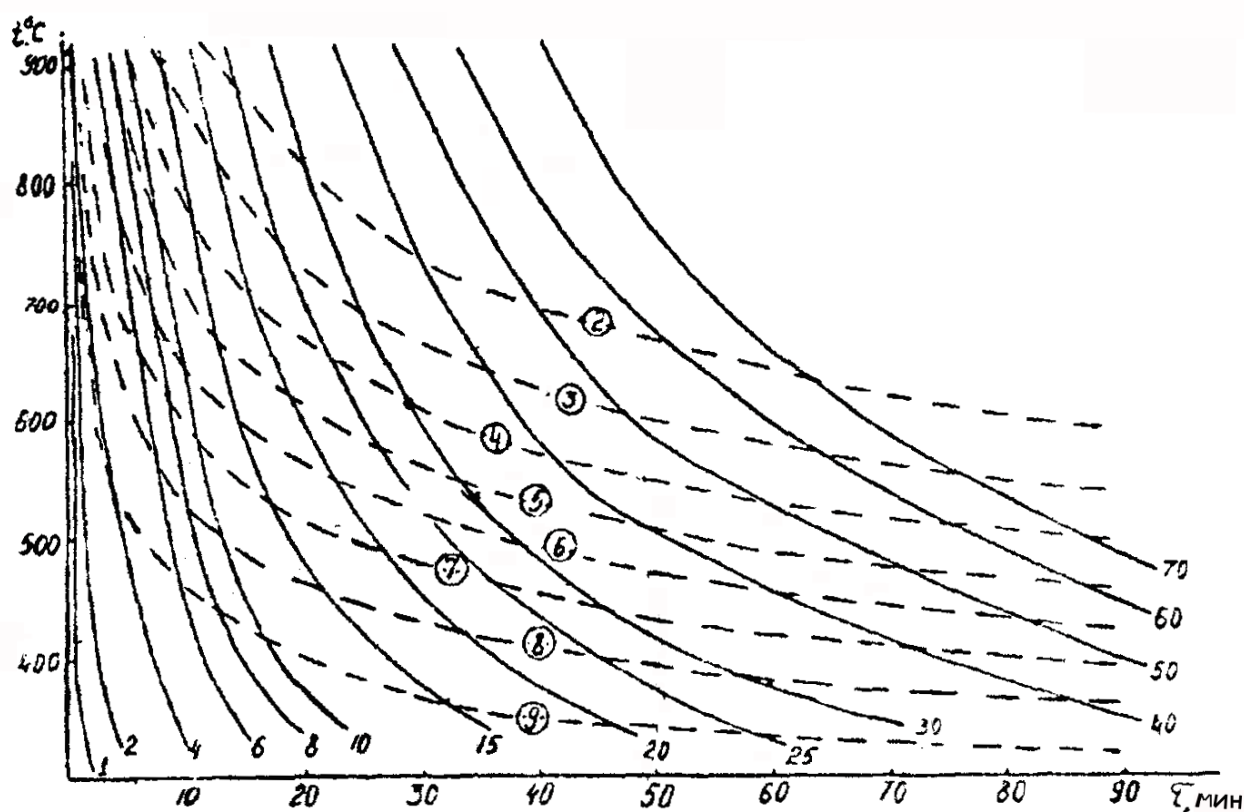
$$*r = R \frac{S}{l} = R \frac{0,3^2 \pi}{0,1 \cdot 4} = 0,7R,$$

где S - площадь таблетки;

l - высота таблетки, равная 0,1 см.

$**\tau_0 = 77 - 0,086T$, при $T \leq 895$ К;

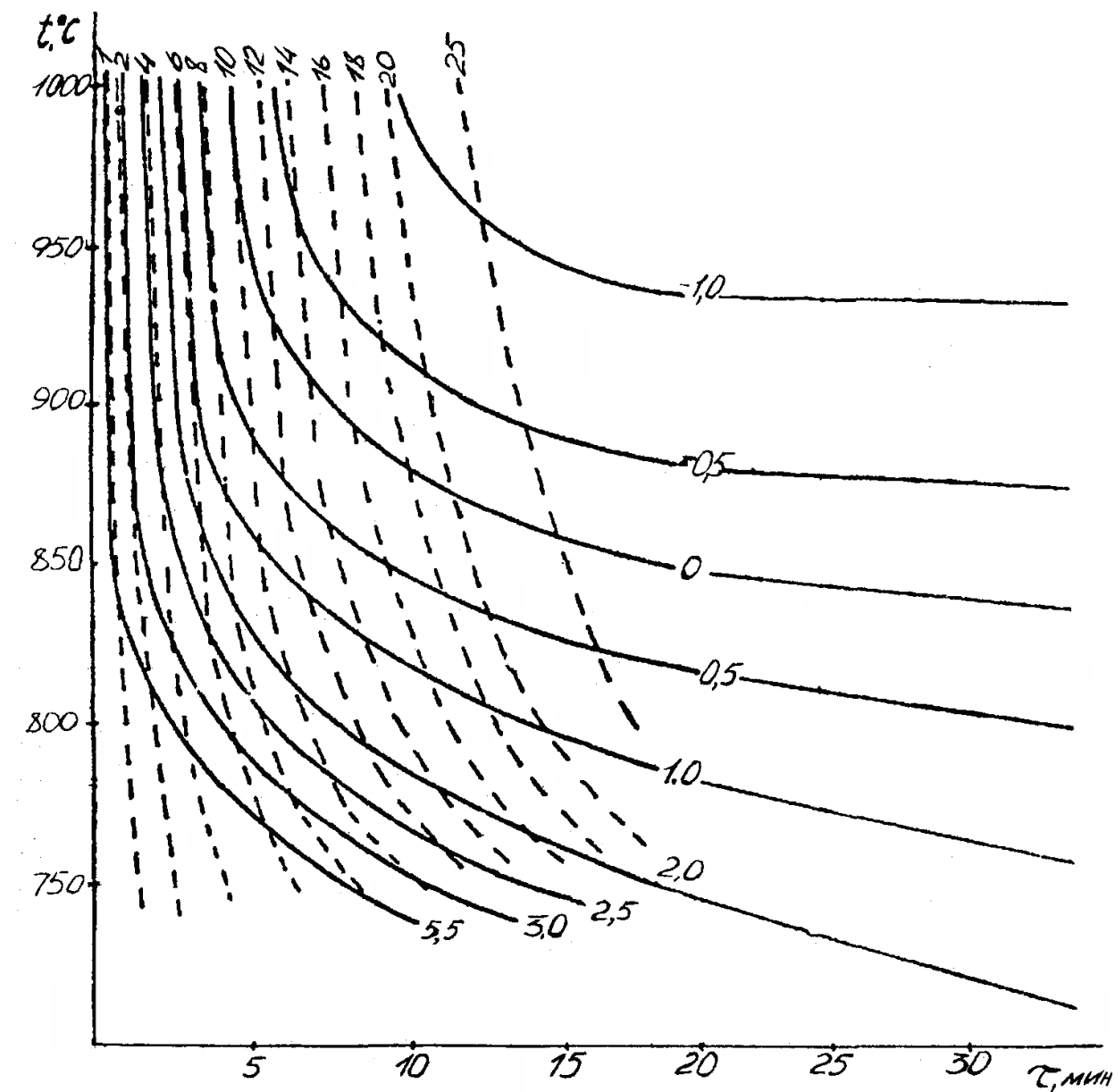
$\tau_0 = 0$ при $T > 895$ К.



_____ bH

----- P

Рисунок 4.3. - Номограмма для определения температуры и длительности горения древесины по величине bH и P проб угля (при $P > 2$)



_____ bH

----- P

Рисунок 4.4. - Номограмма для определения температуры и длительности горения древесины по величине bH и P проб угля (при $P < 2$)

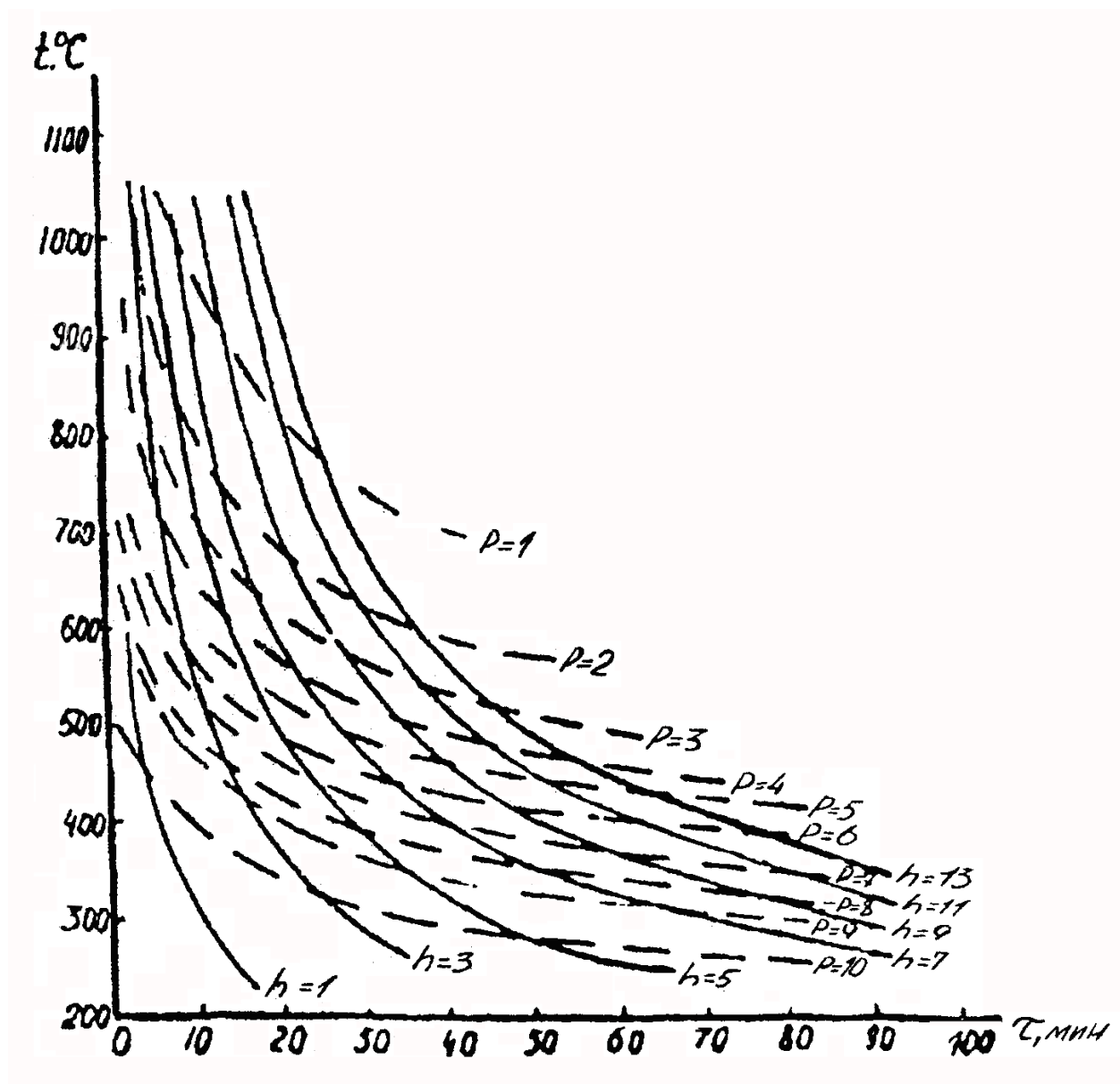


Рисунок 4.5. - Номограмма для определения температуры горения древесностружечных плит

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБУГЛЕННЫХ ОСТАТКОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В современном мире полимерные материалы повсеместно внедряются в различных отраслях промышленности (декоративные облицовочные материалы в транспортных средствах, изоляция электрических кабелей и т.д.) и строительстве (облицовка стен, перегородки, подвесные потолки и т.д.). Все они органического происхождения, а, следовательно, способствуют развитию и распространению пожара, обладают высокой дымообразующей способностью и токсичностью газообразных продуктов горения.

Целью лабораторной работы является формирование умений и навыков у курсантов (слушателей) в выявлении зон термических поражений полимерных материалов путём определения удельного электрического сопротивления их обугленных остатков.

Типы полимерных материалов и их поведение при пожаре

Не рассматривая в этой главе всю обширную номенклатуру известных синтетических полимеров и полимерных материалов на их основе, отметим, что полимерные материалы по своему поведению при пожаре принципиально различаются на две группы: термопластичные материалы (термопласты); термореактивные материалы (реактопласты). Термопласты — это материалы, способные размягчаться при нагревании и переходить в пластическое состояние, не подвергаясь при этом разрушению, термической деструкции. К таким материалам относятся, в частности, полиэтилен, поливинилхлорид, полиметилметакрилат (органическое стекло), полиамиды (капрон) и др. При пожаре термопласты размягчаются, плавятся, текут, горят. Это способствует образованию вторичных очагов (очагов горения) и распространению пожара. Примером подобного рода может быть поведение проводов с полиэтиленовой или поливинилхлоридной (самой распространенной в настоящее время) изоляцией. При нагревании провода такая изоляция плавится, стекает, жилы провода оголяются, происходит

короткое замыкание; так в ходе пожара могут возникать так называемые вторичные короткие замыкания (КЗ).

Второй пример — распространение горения в помещении, где на стенах или на потолке установлены люминесцентные светильники с экранами из оргстекла. Горячие конвективные потоки от очага пожара, поднимающиеся к потолку, способны прогреть люминесцентные светильники до такой степени, что экраны начнут плавиться, оргстекло потечет вниз на пол, и таким образом в помещении могут возникнуть множественные очаги горения.

Аналогичных примеров образования новых очагов горения при стекании расплавленного термопластичного полимера много.

Термореактивные полимерные материалы не способны переходить в пластическое состояние без разрушения своей структуры. Происходит это потому, что в отличие от термопластов реактопласты имеют обычно не линейную, цепочную структуру полимера, а разветвленную, пространственно сшитую. Типичными представителями термореактивных полимерных материалов являются резина, фенолформальдегидные пластмассы. К ним же относится и природный полимер — древесина.

Реактопласты при нагревании в ходе пожара разлагаются с выделением газообразных продуктов пиролиза и образованием твердого углистого остатка, способного к тлению. Именно способностью к тлению и опасны такого рода материалы на пожаре. Д. Драйздейл в своей книге приводит пример взрыва, разрушившего многоэтажное здание армейского склада в Великобритании. Произошло это в результате тления латексных матрацев, возникшего, вероятно, от источника зажигания малой мощности (тлеющего табачного изделия). Процесс протекал незамеченным в закрытом складе длительное время, в течение которого происходило накопление газообразных продуктов пиролиза до необходимой для взрыва концентрации.

Информация, получаемая визуальным осмотром обгоревших полимерных материалов

Визуальное исследование обгоревших конструкций и предметов необходимо для выявления видимых признаков очага и характерных особенностей термического воздействия, так или иначе характеризующих условия горения на пожаре.

Такой информации, как правило, немного. Если, например, при осмотре места пожара обнаруживаются потеки термопласта, то можно заключить, что температура нагрева в данной зоне была больше температуры размягчения данного полимера или полимерной композиции.

Если вне зоны горения подплавилась изоляция на проводах, то можно рассчитать величину токов перегрузки или короткого замыкания, необходимых для разогрева провода до соответствующей температуры (есть соответствующая компьютерная программа).

Значительно более существенна информация, которую можно получить с помощью специальных (инструментальных, химических) методов исследования. Для этого необходимо определиться с выбором точек отбора проб коксового слоя полимерного материала.

Отбор проб для подобных исследований целесообразен в точках с наибольшей высотой коксового слоя, на участках, где по тем или иным соображениям предполагается очаг пожара, зона длительного тления, а также в других точках, информация о длительности и интенсивности процесса горения в которых представляет первоочередной интерес для исследователя.

Весьма целесообразен отбор проб в значительном количестве точек (15-20 и более) по всей зоне пожара. Это даёт возможность довольно объективно воссоздать картину его развития.

Важно, чтобы в намеченных точках отбора коксовый слой термодеструктированного полимера не был сколот, нарушен.

В выбранных точках методом пенитрации измеряется толщина

коксового слоя. Удобнее всего это делать с помощью штангенциркуля, при его отсутствии может быть использована тонкая металлическая линейка.

С помощью ножа или скальпеля на исследование отбирают верхний (3-5 мм) коксовый слой, предварительно смахнув с него кисточкой хлопья золы и частички пожарного мусора. Количество отбираемого кокса определяется тем, какой метод анализа применяется в дальнейшем.

Следует помнить, что свойства кокса меняются по слоям, поэтому слой нужно отбирать по возможности точно и аккуратно.

Пробы необходимо отбирать со стороны, обращённой к источнику теплового воздействия. Если неясно, откуда происходило огневое воздействие, то отдельные пробы отбирают с двух сторон.

Отобранные пробы упаковывают в полиэтиленовый пакет или другую тару, отмечают их номер и место отбора на плане. На плане отмечают места сплошных прогаров, в протоколе фиксируют линейные параметры коксового слоя. Кроме того, с места пожара дознаватель (следователь) должен изъять достаточное количество нативного материала и, по возможности, документы на него.

Испытания полимерных материалов по стандартным методикам

Определение пожароопасных характеристик веществ и материалов по стандартным методикам (ГОСТ 12.1.044-89*. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.) проводится в случае, если необходимые эксперту данные отсутствуют в справочниках или ему неизвестны марка материала, природа вещества, и потому справочные данные по ним нет возможности получить, а также в ряде других ситуаций, например, когда в материалах дела необходимые данные есть, но они по тем или иным причинам вызывают сомнение. Достаточно часто приходится иметь дело не с чистыми, индивидуальными веществами, а с различными композициями материалов и смесями веществ. Естественно, в этих случаях рассчитывать на готовые справочные данные не приходится.

Данные по пожароопасным характеристикам могут понадобиться как при анализе возможности возникновения горения (например, тепловое самовозгорание) в тех или иных условиях, так и при анализе развития горения. Определение пожароопасных характеристик конструкционных и отделочных материалов при экспертном анализе развития горения приводится, в частности, в ходе выполнения экспертиз по большинству крупных пожаров. В качестве примера можно привести пожар в гостинице "Ленинград".

При расследовании этого пожара испытаниям на горючесть, скорость распространения пламени, дымообразующую способность, токсичность газообразных продуктов горения подверглись материалы, использованные для отделки стен номеров и коридоров, а также двери, ковровые покрытия полов и т.д. Полученные данные позволили достаточно аргументированно описать механизм и динамику распространения горения по гостинице. Конечно, за объектом следили сотрудники ГПН, и на многие использованные в интерьере гостиницы материалы у администрации были акты испытаний на пожарную опасность (копии их имелись в уголовном деле). Судя по этим материалам, стены коридоров гостиницы были покрыты несгораемыми материалами – обтянуты стеклотканью, покрашенной специальной краской "Садосан". Осмотр места пожара (на уцелевших этажах) показал, что под краской и стеклотканью находился ещё слой винилискожи, а под ним древесностружечная плита. Весь этот "пирог" в целом испытали по стандартной методике, и оказалось, что, несмотря на наружную несгораемую поверхность, внутри этой многослойной композиции прекрасно распространяется горение. Данный факт, а также наблюдаемый в ходе испытаний характер распространения горения многое пояснил в картине развития горения по коридорам гостиницы.

Результаты испытаний по стандартным методикам несомненно полезны, но использовать их нужно при экспертизе пожара крайне осторожно, помня, что полученные численные данные относятся к условиям специальных испытаний. В реальной ситуации, предшествующей пожару, или в ходе пожара

внешние условия (теплофизические факторы, условия воздухообмена, пожарная нагрузка, динамика нагрева и др.) могут существенно отличаться от условий стандартных испытаний, соответственно, изменяется поведение материала и температурные границы наблюдаемых явлений. Поэтому данные испытания по стандартным методикам следует использовать как ориентировочные, часто просто для оценки возможности или невозможности той или иной ситуации.

Специальные методы исследования полимерных материалов

1. ИК-спектроскопия

Инфракрасные спектры полимерных материалов снимаются на инфракрасных спектрофотометрах общего назначения ИКС-40 (ЛОМО, Санкт-Петербург), Перкин-Элмер и др. Спектры снимают в таблетках с бромистым калием.

По наличию в спектрах тех или иных полос отдельных функциональных групп у негоревшего полимерного материала можно выяснить, что это за полимер; у обгоревшего полимерного материала — примерно оценить степень его термического поражения и ориентировочную температуру нагрева в ходе пожара.

Более точно это можно сделать, если рассчитать по спектрам так называемые спектральные критерии - отношения оптических плотностей характеристических полос спектра.

2. Термический анализ

Рассмотрим здесь два варианта термического анализа, применяемые для исследования обгоревших полимерных материалов:

- а) термогравиметрический и дифференциальный термический анализ;
- б) весовой метод определения остаточного содержания летучих веществ.

Термогравиметрический и дифференциальный термический анализ (ТГА и ДТА) проводится на специальных приборах, позволяющих нагревать пробу вещества (доли миллиграмма - миллиграммы) в заданном температурном

режиме и необходимой атмосфере, и, фиксируя при этом, как происходит убыль массы вещества (термогравиметрический анализ), а также экзо- и эндозффекты (дифференциальный термический анализ). Самые распространенные в России приборы, которые позволяют реализовать эту задачу, венгерского производства, называются дериватографами, поэтому и этот метод исследования часто называют дериватографией.

Анализ кривых ТГ- и ДТА позволяет оценить степень термического поражения полимерного материала на пожаре, а также получить много другой информации, полезной при экспертизе пожара, например, имея микроколичества материала, оценить его горючесть, поведение при различных температурах.

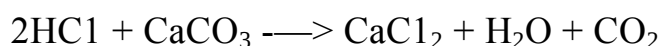
Весовой метод определения остаточного содержания летучих веществ гораздо проще, нежели ТГ- и ДТА; он менее информативен, но вполне пригоден для определения степени термического поражения полимерных материалов, образующих углистый остаток при термической деструкции.

Анализ проводится аналогично тому, как это делается при определении остаточного содержания летучих веществ в древесных углях.

3. Химический анализ водных экстрактов

Метод этот предложен специалистами ВНИИПО для анализа галогеносодержащих полимеров (например, поливинилхлорида), которые, кроме того, содержат в своей рецептуре активные наполнители (мел). Такое сочетание компонентов имеет место, в частности, в поливинилхлоридном линолеуме.

При нагревании в ходе пожара поливинилхлорид начинает разлагаться с выделением хлористого водорода (происходит реакция дегидрохлорирования). И если в материале есть активный наполнитель, то последний реагирует с хлористым водородом, связывая его:



После пожара отобранные пробы карбонизированного линолеума экстрагируют горячей водой и титрованием определяют содержание иона

хлора, по количеству которого судят о степени термического поражения материала.

Метод достаточно оригинален, но недостатком его является, во-первых, возможность исследования узкого класса материалов, а во-вторых, возможность потери хлористого кальция за счет вымывания при тушении, что неминуемо приведет к получению искаженных результатов.

4. Определение электросопротивления обугленных остатков

Это наиболее быстрый, простой и доступный метод. Определение электросопротивления проводится по той же, что и исследование обугленных остатков древесины, с помощью комплекта, состоящего из пресса, прессформы и мегометра (рис. 4.1).

Данный метод применим только для материалов, образующих, как древесина, твердый углистый остаток при пиролизе, и неприменим, например, для некоторых сортов пенополиуретанов. Карбонизация указанных полимерных материалов происходит по тем же законам, что и у древесины. Электросопротивление также является функцией температуры и длительности пиролиза (как и у древесины. влияние температуры при этом преимущественно), и это обстоятельство позволяет использовать электросопротивление как очень чувствительный и удобный критерий для оценки степени термических поражений полимерных материалов на месте пожара. Кроме того, величину электросопротивления пробы можно, при необходимости, использовать для определения температуры, при которой происходила карбонизация материала.

Для выявления зон термических поражений полимерного материала — покрытия пола, стен и т. д. — отбирают пробы поверхностного слоя карбонизированного материала, сушат их, измельчают и определяют величину удельного электросопротивления.

Полученные результаты наносят на план места пожара и строят зоны термических поражений.

Чтобы определить не просто степень термического поражения, а температуру, при которой карбонизировался изъятый с места пожара полимерный материал, необходимо взять образец такого же материала, не подвергшегося термическому воздействию, отдельные его навески нагреть в лабораторных условиях при различных температурах, после чего исследовать полученные пробы и построить график зависимости электросопротивления обугленных остатков данного материала от температуры пиролиза. Подобный график показан на рис. 5.1.

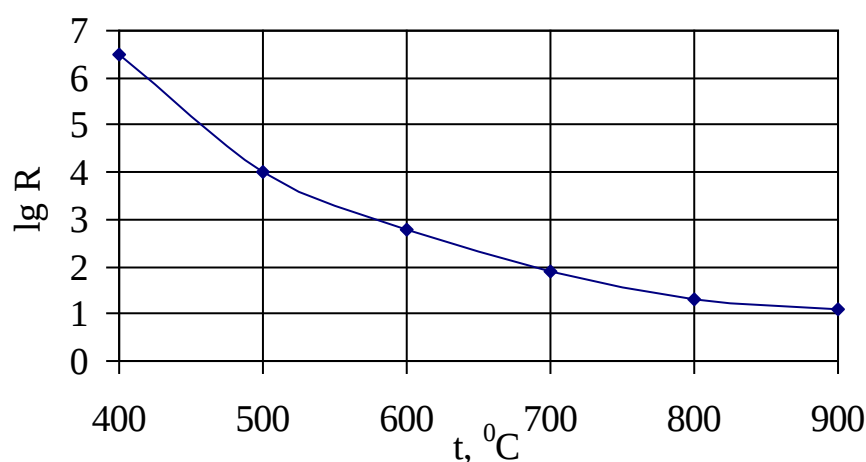


Рисунок 5.1. – Зависимость удельного электросопротивления карбонизированных остатков ПВХ линолеума от температуры пиролиза

Этот график можно использовать как калибровочный для определения температуры карбонизации изъятых с места пожара проб. Например, если привезённая с места пожара проба карбонизированного ПВХ линолеума имеет удельное электросопротивление $P = \lg R = 3$, то по графику на рис. 5.1. можно установить, что температура, при которой происходила карбонизация данного участка линолеума на пожаре, составляла около 580 °C.

Данные исследования можно провести не только для полимерных материалов, но и для других органических материалов, дающих при нагревании коксовый остаток, например, для минеральных масел.

Порядок проведения лабораторной работы

При проведении лабораторной работы слушатели:

1. Готовят 5 образцов полимерного материала размером 30х30 мм.
2. Определяют толщину образцов δ_0 и вес m_0 с точностью до 0,1 г.
3. Проводят обжиг подготовленных образцов полимерного материала в муфельной печи при температуре t 200, 300 400, 500 и 600 °С за интервал времени τ равный 1-4 мин (определяет преподаватель).
4. Определяют толщину δ , вес m и внешний вид (размер пор, объём и прочность коксовой шапки) деструктированных остатков.
5. Готовят пробы для определения их удельного электрического сопротивления r по схеме для древесины в лабораторной работе № 4.
6. Определяют электрическое сопротивление проб углей R .
7. Полученные результаты испытаний заносят в табл. 5.1. Под ней описывают внешний вид обугленных остатков, полученных при различных температурах.

Таблица 5.1. – Результаты испытаний

№ образца	τ , мин	t , °С	m_0 , г	m , г	Δm , %	δ_0 , мм	δ , мм	l , см	R , Ом	r , Ом·см
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										

$$\Delta m - \text{потеря массы, } \Delta m = \frac{m_0 - m}{m_0} 100\%.$$

8. Строят график зависимости электросопротивления проб углей от температуры пиролиза (см. рис. 5.1).
9. Проводят обжиг полимерного материала того же состава на газовой горелке, с последующим определением электросопротивления проб углей и температуры горения по построенному графику.
10. Готовят отчёт с выводами о проделанной работе.

Физико-химические свойства наиболее распространённых ЛВЖ и ГЖ

Наименование жидкости	Пределы воспламенения				Коэф. рефракции	Люминесценция в ультрафиолетовых лучах
	объемные, %		температурные, °С			
	нижний	верхний	нижний	верхний		
Бензин авиационный Б-70	0,79	5,16	-34	-4	1,4129	В толстых слоях белая.
Бензин автомобильный стабильный	0,96	4,96	-27	3	1,4162	В толстых слоях белая, в пятнах едва различимое белое пятно.
Керосин тракторный	1,4	7,5	27	69	1,4552	
Керосин осветительный	-	-	35	75	1,4569	В толстых слоях сиреневая. В пятнах светло-сиреневая.
Дизельное топливо (зимнее)	-	-	69	119	1,4781	В толстых слоях молочно-белая с желтоватым оттенком. В пятнах голубовато-белая..
Дизельное топливо (летнее)	-	-	62	100	1,4840	В толстых слоях молочно-белая с желтоватым оттенком. В пятнах голубовато-белая.
Дизельное топливо (специальное)	-	-	76	115	1,4840	В толстых слоях и пятнах светло- голубая.
Соляровое масло	-	-	116	147	1,4970	В толстых слоях голубовато- белая. В пятнах сиреневато - белая.
Мазут флотский Ф-12	-	-	106	133	1,5118	В толстых слоях серовато-ярко- желтая. В пятнах желтая.
Масло индустриальное 12 (веретенное)	-	-	125	175	1,4929	В толстых слоях голубовато-белая с желтоватым оттенком. В пятнах ярко-голубовато-белая.
Масло турбинное 57 (турборедукторное)	-	-	148	187	1,4968	В толстых слоях голубовато-белая с желтоватым оттенком.
Масло трансформаторное	-	-	122	163	1,4922	В толстых слоях голубовато-белая с желтоватым оттенком. В пятнах ярко-голубовато-белая.
Масло индустриальное 45 (машинное)	-	-	146	190	1,5150	В толстых слоях желтовато-белая. В пятнах ярко-голубовато-белая.
Масло индустриальное 50 (машинное)	-	-	146	191	1,5102	В толстых слоях желтовато-белая. В пятнах голубовато-белая.
Масло индустриальное 20 (веретенное)	-	-	154	204	1,5053	В толстых слоях желтовато-белая с сероватым оттенком. В пятнах ярко-голубовато-белая.
Масло автотракторное АК- 10 (ГОСТ 1862-51)	-	-	154	193	1,5129	В толстых слоях желтовато-белая. В пятнах голубая.
Масло тракторное АК-15	-	-	187	225	1,5155	В толстых слоях серовато- голубовато-белая. В пятнах голубовато-белая.
Масло цилиндрическое 2	-	-	170	210	1,5129	В толстых слоях серовато- голубовато-белая. В пятнах голубовато-белая.
Масло цилиндрическое 52 "Вапор"	-	-	-	-	1,5075	В толстых слоях зеленовато- серовато-ярко-желтая.
Масло авиационное МК-22	-	-	228	254	1,5040	В толстых слоях розовато- желтовато-белая. В пятнах голубая.

Учебное издание

Тимофеева Светлана Семеновна
Егоров Анатолий Никонович
Малов Владислав Владимирович

ПОЖАРНОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Практикум

Авторская редакция

Компьютерная верстка В.В.Малов