



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита
окружающей среды»

Практикум по дисциплине «Расследование пожаров»

Автор
Денисов О.В.

Ростов-на-Дону, 2013





Аннотация

Приведены практические блоки к курсовой работе по дисциплине «Расследование пожаров» для студентов по специальности 280104 «Пожарная безопасность».

Автор

канд. техн. наук, доцент О.В. Денисов





Оглавление

ПЗ№1 Установление зон развития пожара. Выявление признаков пожара, указывающих на очаг возникновения.	4
ПЗ№2 Огнестойкость термопластичных и термореактивных полимерных материалов, их поведение в условиях пожара.	10
ПЗ№3 Организация расследования пожаров в системе обеспечения пожарной безопасности.	17
ПЗ№4 Оценка соответствия огнезащитного покрытия требованиям стандартов после пожара.	20
ПЗ№5 Исследования объектов электротехнического назначения.	26
ПЗ№6 Оценка примерной продолжительности огневого воздействия на деревянные конструкции.	31
ПЗ№7. Расследование пожара разлития при ЧС (Определение параметров пожара разлития при ЧС).	34



ПЗ№1 УСТАНОВЛЕНИЕ ЗОН РАЗВИТИЯ ПОЖАРА. ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ПОЖАРА, УКАЗЫВАЮЩИХ НА ОЧАГ ВОЗНИКНОВЕНИЯ.

ПОЖАР, неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей.

Причинами возникновения П. чаще всего являются: неосторожное обращение с огнём, несоблюдение правил эксплуатации производств, оборудования, самовозгорание веществ и материалов, разряды статич. электричества, грозовые разряды, поджоги. В зависимости от места возникновения различают: П. на трансп. средствах; степные и полевые П.; подземные пожары в шахтах и рудниках; торфяные и лесные пожары; П. в зданиях и сооружениях. Последние, в свою очередь, подразделяются на наружные (открытые), при которых хорошо просматриваются пламя и дым, и внутренние (закрытые), характеризующиеся скрытыми путями распространения пламени. Пространство, охваченное П., условно разделяют на 3 зоны — активного горения (очаг П.), теплового воздействия и задымления. Внешними признаками зоны активного горения является наличие пламени, а также тлеющих или раскаленных материалов. Кислород в зону горения обычно поступает из атм. воздуха, в отд. случаях — вследствие термич. разложения кислородсодержащих горючих веществ. Находящиеся в очаге П. сгораемые конструкции и материалы в результате теплового воздействия нагреваются и воспламеняются, а несгораемые теряют механич. прочность, деформируются. Осн. характеристикой разрушит. действия П. является темп-ра, развивающаяся при горении. Для жилых домов и обществ. зданий темп-ры внутри помещения достигают 800—900 С. Темп-ра внутри горящего помещения распространяется неравномерно (рис. 1). На рис. 2 показано изменение темп-р П. внутри помещения при горении твёрдых веществ.



Расследование пожаров

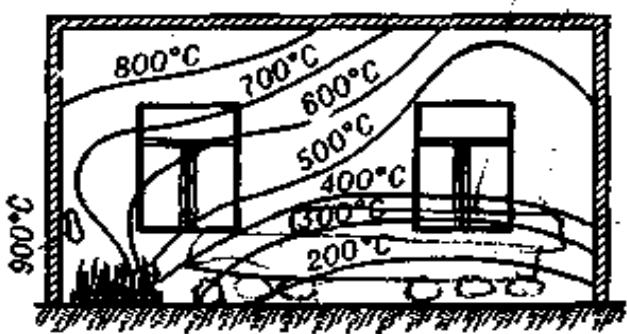


Рис. 1. Значения температур при внутреннем пожаре.

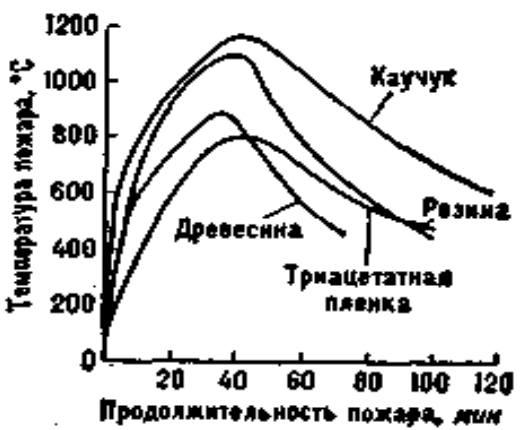


Рис. 2. Температурный режим пожара при горении различных веществ.

С увеличением количества горючего вещества на единицу площади пола (горючей загрузки) повышается макс. температура и увеличивается продолжительность П. (рис.3). Как правило, наиболее высокие температуры возникают при наружных П. и в среднем составляют для горючих газов 1200—1350 °С, для жидкостей 1100—1300 °С, для твёрдых веществ -1000—1250 °С. При горении термита, электрона, магния макс, темп-ра достигает 2000—3000 °С. Тепло, выделяющееся в зоне горения, посредством конвективного теплообмена, лучистого теплообмена и вследствие теплопроводности передается в окружающую среду.



Расследование пожаров

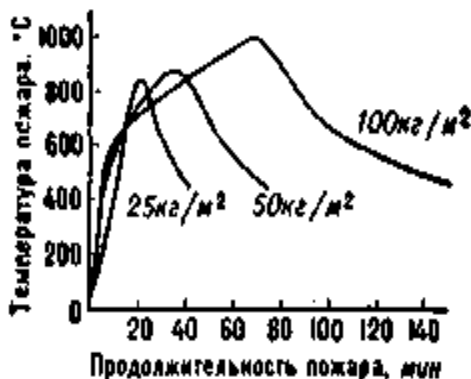


Рис. 3. Температурный режим пожара при различной го- рючей загрузке древесины.

Пространство вокруг зоны горения, в к-ром темп-ра в результате теплообмена достигает значений, вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека, наз. зоной теплового воздействия. Принято считать, что в зону теп-лового воздействия, окружающую зону горения, входит терр., на к-рой темп-ра смеси воздуха и газообразных продуктов сгорания не меньше 60—80 °С, а поверхностная плотность теплового потока превышает 4 квт/м2 [60 ккал/(мин·м2)]. Во время П. происходят значительные переме- щения воздуха и продуктов сгорания (рис. 4). Нагретые газообразные продукты сгорания устремляются вверх, вызывая приток более плотного холодного воздуха к зоне горения (см. Конвекция в атмосфере).

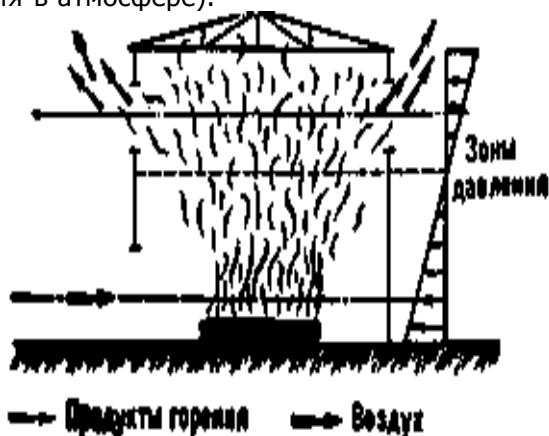


Рис. 4. Газовый обмен при пожаре внутри



Расследование пожаров

здания.

При П. внутри зданий интенсивность газового обмена зависит от размеров и расположения проёмов в стенах и перекрытиях, высоты помещений, а также от кол-ва и свойств горящих материалов. Направление движения нагретых продуктов обычно определяет и вероятные пути распространения П., т. к. мощные восходящие тепловые потоки могут переносить искры, горящие угли и головни на значит. расстояние, создавая новые очаги горения. Выделяющиеся при П. продукты сгорания (дым) образуют з о н у з а д ы м л е н и я . В состав дыма обычно входят азот, кислород, окись углерода, углекислый газ, пары воды, а также пепел и др. вещества.

Мн. продукты полного и неполного сгорания, входящие в состав дыма, обладают повышенной токсичностью, особенно токсичны продукты, образующиеся при горении полимеров. В нек-рых случаях продукты неполного сгорания, напр, окись углерода; могут образовывать с кислородом горючие и взрывоопасные смеси. Прекращение горения при П. достигается воздействием на поверхность горящих материалов охлаждающими огнетушащими средствами; разбавлением горящих веществ или воздуха, поступающего и зону горения, негорючими парами или газами; созданием между зоной горения и горючим материалом (или воздухом) изолирующего слоя из огнетушащих средств. В качестве осн. огнетушащего средства используется вода. Распылённые струи воды используются для осаждения дыма, защиты от теплового излучения и для охлаждения поверхностей нагретых конструкций. Помимо воды, в качестве огнетушащих средств широко используются химич. и воздушно-меха-нич. пена, углекислый газ, азот, порошки, водяной пар, а также вещества, тормозящие химич. реакцию горения (см. Ингибиторы химические). Подача огнетушащих средств в очаг П. производится с помощью пожарной техники: стационарными установками пожаротушения, пожарными автомобилями, пожарными поездами, пожарными судами, пожарными мотопомпами, а также огнетушителями. Мероприятия по пожарной профилактике и тушению П. осуществляются пожарной охраной и администрацией объектов.

Коэрцитиметр

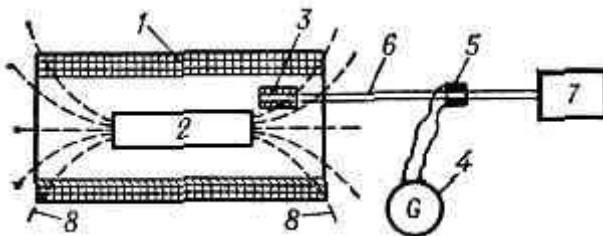
Коэрцитиметр прибор для измерения коэрцитивной силы ферромагн. материалов. Коэрцитивная сила может быть опреде-



Расследование пожаров

лена по магнитной индукции B в образце (BHc) или по его намагниченности J . Наиб. распространены K . для измерения коэрцитивной силы по намагниченности (её обозначают JHc , или Hc), что объясняется простотой методики измерений и, кроме того, для материалов с $Hc < 500$ А/см значения коэрцитивной силы, определяемые по индукции и намагниченности, мало отличаются друг от друга. При измерении Hc испытываемый образец сначала намагничивают практически до насыщения в электромагните или в намагничивающей катушке K . Затем через эту катушку с помещённым в неё образцом пропускают пост. ток, магн. поле к-рого размагничивает образец. Ток увеличивают до тех пор, пока намагниченность / образца не уменьшится до нуля, что регистрируется индикаторами (нулевыми приборами). По току в катушке K , соответствующему состоянию образца с $J=0$, определяют напряжённость размагничивающего поля, т. е. Hc . K . отличаются друг от друга в осн. способом определения равенства нулю намагниченности образца.

На рис. 1 схематически показано устройство K . с генератором измерительным в качестве нуль-индикатора, на рис. 2 — схема K . с выполняющим ту же роль феррозондом. Распространены также K . с датчиками Холла; K . с измерит. катушкой, подключённой к баллистическому гальванометру и сдёргиваемой с образца при определении в нём остаточной намагниченности; вибрационные K ., у к-рых нуль-индикатором служит колеблющаяся измерит. катушка, и т. д.



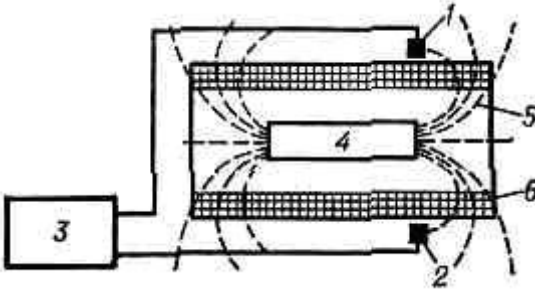
Коэрцитиметр с измерит. генератором (блок-схема): 1 — намагничивающая катушка; 2 — образец; 3 — катушка измерит. генератора; 4 — магнитоэлектрич. гальванометр, присоединённый к щёткам коллектора 5; 6 — вал электродвигателя 7; 8 — силовые линии магн. поля образца.

Для измерения BHc образца его делают частью замкнутой магн. цепи пермеаметра, электромагнита или т. н. приставного K . (упрощённого пермеаметра, служащего для определения одной точки петли гистерезиса — BHc). Значение BHc соответствует



Расследование пожаров

напряжённости размагничивающего поля, при которой индукция B в образце равна нулю.



Феррозондовый коэрцитиметр (блок-схема): 1 и 2 — чувствит. элементы феррозонда, соединённые по разностной схеме; 3 — феррозондовый нулевой прибор; 4 — образец; 5 — силовые линии магн. поля образца; 6 — намагничивающая катушка.



ПЗ№2 ОГНЕСТОЙКОСТЬ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ И ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИХ ПОВЕДЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА.

Огнестойкость полимеров и полимерных материалов непосредственно связана с их устойчивостью к термоокислительной деструкции. Проблема огнестойкости полимеров и полимерных материалов требует решения вопросов горючести, дымообразования и токсичности продуктов горения (FST свойства - fire, smoke, toxicity).

Показателями, характеризующими горючесть полимеров и полимерных материалов, являются, в зависимости от метода определения, температура воспламенения, скорость горения, теплота сгорания, температура поверхности горящего материала, кислородный индекс КИ и другие (тепловые, температурные, кинетические, концентрационные критерии). Огнестойкость полимеров и полимерных материалов может быть снижена как при использовании принципов, обеспечивающих высокую тепло- и термостойкость, так и принципов, учитывающих специфику горения.

Для снижения горючести полимеров используют:

- 1) замедление реакции в зоне пиролиза снижением скорости газификации полимера и количества образующихся горючих продуктов;

- 2) снижение тепло- и массообмена между пламенем и конденсированной фазой;

- 3) ингибирование радикалоцепных процессов в конденсированной фазе при ее нагреве и в пламени.

Практически указанные направления реализуются путем использования химически модифицированных полимеров, в том числе:

- 1) с минимальным содержанием водорода (отвечает за процесс дымообразования) в структуре;



2) термоустойчивых полиариленов и полигетероариленов с $KI > 30$;

3) путем введения в состав полимерного материала минеральных и огнестойких наполнителей;

4) введением антипиренов и антипирирующих звеньев непосредственно в цепи макромолекул или низкомолекулярных антипирепов в виде компонентов материала, которые снижают температуру горения и тепловыделение за счет эндотермических эффектов;

5) нанесением огнезащитных, в том числе «вспучивающихся» покрытий;

б) комбинацией этих методов.

Термоустойчивые полимеры сочетают высокую тепло-, термо- и огнестойкость. В инженерной практике используется большое количество критериев, характеризующих термоустойчивость полимеров и полимерных материалов и методик их определения.

Пластмассы имеют как положительные, так и отрицательные свойства, выраженные в разной степени у различных видов пластмасс.

Положительные свойства: легкость, водостойкость и атмосферостойкость, не требующие дополнительной пароизоляции; биостойкость, являющаяся особенно ценным свойством (только отдельные древесные пластики могут подвергаться биологическому разрушению, однако и эта опасность исключается введением антисептиков при их изготовлении); стойкость к химической агрессии; повышенные электроизоляционные свойства, немагнитность; возможность создания материалов с различной расцветкой; достаточная поверхностная твердость и др. Производственные преимущества: простота формования изделий, благодаря чему имеются широкие возможности создания разнообразных пространственных архитектурных форм; легкость обработки простейшими инструментами; клеящая способность и свариваемость; высокая заводская готовность строительных элементов, что облегчает монтаж их на стройплощадке.



Расследование пожаров

Отрицательные свойства: горючесть большинства пластмасс; низкая теплостойкость пластмасс на основе термопластичных смол; ползучесть и чувствительность к действию знакопеременных нагрузок; старение. Основной производственный недостаток — токсичность некоторых синтетических смол.

Отдельно следует остановиться на отношении полимеров к тепловому воздействию. По этому признаку они делятся на термопластичные и термореактивные. Термопластичные полимеры при нагревании размягчаются и вновь затвердевают при охлаждении, т. е. происходит чередование процессов деструкции и повторной полимеризации полимера. Это явление широко используется в технологии переработки термопластов в изделия, так как оно позволяет организовать высокопроизводительные и полностью автоматизированные производственные процессы экструзии, штампования, литья под давлением и т. п.

К термопластам относятся полимеры с цепным и разветвленным строением макромолекул: полиамиды, полиэтилен, полиметилметакрилат и др. Термореактивные полимеры при нагревании сначала размягчаются, но затем переходят необратимо в твердое состояние, из которого уже не могут вывести его, ни последующий нагрев, ни охлаждение. К термореактивным полимерам относятся: эпоксидные, полиэфирные, фенолоформальдегидные другие смолы. Термореактивные свойства полимеров исключительно ценны для инженерной практики. На основе их получают материалы и конструкции температуро- и огнестойкие, нерастворимые и т. п.

Как уже указывалось, изготовление материалов на основе древесины и пластмасс и проектирование конструкций должно вестись так, чтобы максимально использовать положительные свойства материалов и максимально избегать влияния отрицательных свойств.

Цель работы - экспериментальное определение огнестойкости силовых конструкций и характеристик огнезащитных покрытий.

У каждого материала есть определённый предел огнестойкости, из которого складывается общая огнезащита как одного материала, так и нескольких в комплексе. А поскольку здание возводится посредством использования комплекса различных материалов, следовательно, и огнестойкость будет определяться сочетанием различных факторов. Кроме того, огнестойкость сооружений определяется также способом, который применялся при строительстве, а также этажностью зданий, и наоборот этажность



Расследование пожаров

в немалой степени может зависеть от возможной огнестойкости. Поэтому, при организации конструкторских и строительных работ необходимо заранее спланировать комбинацию факторов, максимально увеличивающих огнестойкость всего здания.

Огнестойкость — способность строительных конструкций ограничивать распространение огня, а также сохранять необходимые эксплуатационные качества при высоких температурах в условиях пожара. Характеризуется пределами огнестойкости и распространения огня.

Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются путем их огневых испытаний по стандартной методике и выражаются временем (в часах, минутах, секундах) действия на конструкцию стандартного пожара до достижения ею одного из следующих предельных состояний:

- потери несущей способности (обрушение или прогиб) при проектной схеме опирания и действии нормативной нагрузки — постоянной от собственного веса конструкции и временной, длительной, от веса стационарного оборудования (станков, аппаратов и машин, электродвигателей и др.);
- повышения температуры необогреваемой поверхности в среднем более чем на 160 °С или в любой ее точке более чем на 190 °С в сравнении с начальной температурой либо более 220 °С независимо от температуры конструкции до испытаний;
- образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;
- достижения при испытаниях ненагруженной конструкции критической температуры (то есть температуры, при которой происходят необратимые изменения физико-механических свойств) её несущих элементов или частей, защищенных огнезащитными покрытиями и облицовками; характеризует потерю несущей способности.

Данные о пределах огнестойкости и распространения огня используют при проектировании зданий и сооружений. Последнее, согласно нормативным документам, разделены по степени огнестойкости на пять групп. Для них установлены требуемые пределы огнестойкости (минимальные) и распространения огня (максимальные) основных строительных конструкций. В зависимости от их вида указанные пределы огнестойкости изменяются от 0,25 до 2,5 ч, пределы распространения огня — от 0 до 40 см. Повышение огнестойкости достигается методами огнезащиты.

Стандартный пожар воспроизводится в печах, футерованных огнеупорным кирпичом, путем сжигания керосина с помощью



Расследование пожаров

специальных форсунок. При этом температура в печах контролируется термомпарами, горячие спаи которых отстоят от поверхностей испытываемых конструкций на 100 мм. Работу форсунок регулируют так, чтобы их пламя не имело контакта с контрольными термомпарами и поверхностью каждой конструкции.

От степени огнестойкости конструкций будут зависеть технические и организационные особенности пожаротушения, поскольку будет заранее известно, какие материалы использовались при строительстве и как будет развиваться пожар в здании. При этом можно рассчитать объективно необходимые параметры: предельную удаленность пожарных депо, количество пожарных машин на одно здание, а также количество и интенсивность струй воды из брандспойтов.

Точная оценка степени огнестойкости конструкций при расследовании причин возникновения пожара может дать органам дознания сведения о достоверности заявленных данных в декларации или паспорте на здание, сооружение или конструкцию.

Различать степени огнестойкости постройки необходимо как в процессе проектирования и строительства здания, так и при его дальнейшей эксплуатации.

Описание лабораторной установки

При выполнении лабораторной работы «Определение огнестойкости силовых конструкций и характеристик огнезащитных покрытий» используется установка, которая представляет собой настольную силовую рамную конструкцию с расположенным в непосредственной близости штативом. На рисунке 1 показан общий вид установки (фотография), а на рисунке 2 - принципиальная схема установки.

Лабораторная установка для определения огнестойкости силовых конструкций и характеристик огнезащитных покрытий состоит из следующих основных элементов: динамометра цифрового, опоры нижней и верхней, гидроцилиндра с ручным приводом, термометров цифровых с термомпарами, тепловентилятора, опорных площадок экспериментальных образцов, силовой рамы, штатива с фиксатором тепловентилятора.

В качестве экспериментальных образцов (ЭО) в лабораторной работе используются полые цилиндры из поливинилхлорида, размерами (диаметр – 50.10⁻³ м, высота - 120.10⁻³ м, толщина материала – 2.10⁻³ м).

Для контроля скорости нагревания ЭО используется секундомер с погрешностью ± 1 секунда. Непосредственно в силовой



Расследование пожаров

рамной конструкции размещены элементы нагружения (гидроцилиндр с ручным приводом) и приборы измерения нагрузки центрально-сжатых элементов конструкции (цилиндрических экспериментальных образцов).

На внешних и внутренних стенках экспериментальных образцов размещены термопары. На штативе закреплены цифровые термометры и тепловентилятор. По принципу работы лабораторная установка является силовой установкой для создания в силовых конструкциях предельных сжимающих усилий, линии действия которых совпадают с геометрической осью элемента с возможностью создания равномерного и неравномерного обогрева по боковой поверхности экспериментальных образцов.

Результаты измерений сжимающих усилий отображаются на индикаторе часового типа (ИЧТ) динамометра. Цифровой термометр позволяет измерить температуру нагрева поверхности экспериментального образца с точностью до $1^{-}(0)$ С с пределом измерения до $[1000]^{-}0$ С.

При выполнении работы с центрально сжатыми элементами конструкций перед каждым экспериментом проверяют совпадение линии действия нагружения с геометрической осью ЭО.

Включения и выключения тепловентилятора в процессе работы производятся тумблером «1-0» с выполнением руководства по порядку его работы.



Рисунок 1 - Установка для определения огнестойкости силовых конструкций

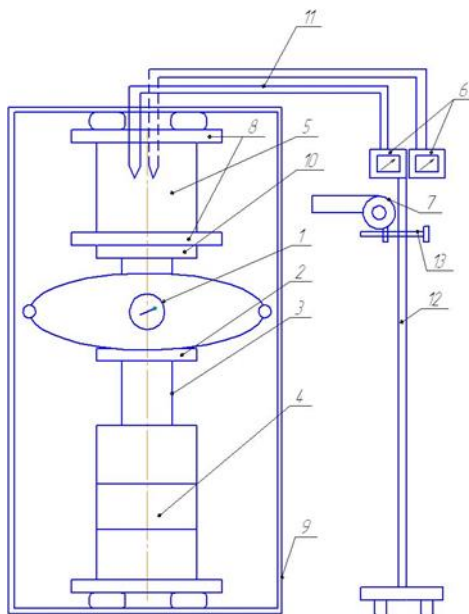


Рисунок 2 - Принципиальная схема лабораторной установки (1 - динамометр цифровой; 2,10 - опора нижняя и верхняя, 3 - шток цилиндра; 4- гидроцилиндр с ручным приводом; 5 - экспериментальный образец; 6 - термометр цифровой; 7 - тепловентилятор; 8 - опорные площадки ЭО; 9 - силовая рама; 10 - термопара; 11 - штатив; 12 - фиксатор теплонагревателя)



ПЗ№3 ОРГАНИЗАЦИЯ РАССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРОВ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.

Научные исследования в области расследования пожаров различных объектов направлены на снижение числа жертв и материального ущерба от пожара, и организация их относится к приоритетным государственным задачам в области обеспечения национальной безопасности.

Важной задачей расследования пожаров является оценка эффективности защитных мероприятий, установление причин пожаров и выяснение иных обстоятельств, имеющих значение для правильного разрешения дела по пожару.

Общая характеристика огнестойкости и пожарной опасности деревянных конструкций. Древесина при отсутствии специальной защиты относится к сгораемым материалам, однако по огнестойкости деревянные конструкции могут конкурировать с некоторыми железобетонными или защищенными стальными. Пределы огнестойкости незащищенных конструкций из клеёной древесины находятся в диапазоне 0,5...0,75 часа.

Причиной относительно высокой огнестойкости деревянных конструкций является защитное действие обуглившегося слоя древесины, препятствующего проникновению тепла и кислорода в зону горения, а значит, возгоранию более глубоких слоёв элемента.

В условиях стандартного пожара достижение незащищенной поверхностью древесины температуры обугливания возможно через 3...5 мин после начала огневого воздействия. В процессе испытания обугленный слой постепенно распространяется вглубь сечения, увеличивая свою толщину z . За фронтом обугливания находится слой «неработоспособной» древесины, прогретой до температуры 230...250⁰ С; его толщина в процессе нагрева составляет 50 мм. Далее располагается слой, частично подверженный термической деструкции, зона фазового превращения влаги в пар и неповрежденная древесина.

Получение информации об эффективности обеспечения огнестойкости. Время до потери огнестойкости конструкции вследствие истощения несущей способности сечений её элементов τ_u складывается из времени от начала огневого воздействия до начала обугливания древесины τ_F (время задержки) и времени



Расследование пожаров

τ_R до момента, когда несущая способность поврежденного обугливанием опасного сечения снизится до величины действующей нагрузки:

$$\tau_u = \tau_F + \tau_R.$$

С увеличением температуры скорость обугливания возрастает, поэтому чем быстрее прогревается элемент, тем быстрее он обугливается. Прогреваемость сечения возрастает с увеличением отношения обогреваемого периметра к площади сечения. Поэтому скорость обугливания возрастает с уменьшением размеров сечения. При расследовании пожара необходимо знать, что прямоугольное сечение обугливается быстрее, чем квадратное при той же площади.

Также необходимо иметь в виду, что при интенсивном движении воздуха (тяги) и чем больше омываемая воздухом поверхность данного объёма древесины, тем выше скорость обугливания. Вследствие меньшей поверхностной активности более твёрдая и плотная древесина горит медленнее, чем мягкая и лёгкая. Сечения с закругленными углами и шлифованной поверхностью в противопожарном отношении более предпочтительны, чем сечения с острыми углами и шероховатой поверхностью. Сечение из отдельных досок с зазорами между ними сгорит быстрее, чем цельное, что объясняется высокой поверхностной активностью и влиянием взаимного излучения поверхности досок. Горение пучка стружек происходит ещё быстрее, а воздушная взвесь древесной пыли вообще является взрывоопасной.

К сведению расследующего пожар необходимо принять, что скорость обугливания влажной древесины меньше, чем сухой, поскольку на испарение влаги требуются затраты тепла. Клееные элементы обугливаются медленнее, чем цельные, вследствие доплатительных теплопотерь на разложение клея.

В зависимости от перечисленных факторов скорость обугливания изменяется в пределах 0,6...1,8 мм/мин ($10 \cdot 10^{-6}$... $30 \cdot 10^{-6}$ м/с) Учитывая, что влияние многих факторов взаимно компенсируются, в практических расчетах скорость обугливания v принимают постоянной. Тогда зависимость глубины обугливания z от времени нагрева τ приобретает линейный характер:

$$z = v\tau.$$

Для деревянных конструкций важно обеспечить не только требуемую огнестойкость, но и снизить пожарную опасность, обусловленную воспламеняемостью и горючестью древесины. Раз-



Расследование пожаров

личные способы задержки воспламенения (конструктивная огнезащита и вспучивающиеся покрытия) успешно выполняют эту задачу, поскольку образуемый на поверхности деревянной конструкции защитный слой изолирует её от огня, замедляет прогрев до температуры воспламенения, препятствует распространению пламени после воспламенения.

Огнезащитная эффективность пропиток и защитных покрытий определяется в соответствии с НПБ 251-98 (ГОСТ 16363-98). В процессе расследования образцы после огневого воздействия (пожара) необходимо охладить и взвесить. Реальную группу огнезащитной эффективности определяют по потере массы образца (таблица 1):

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100\%,$$

где m_1 и m_2 - соответственно масса образца до и после огневого воздействия.

Для исследования необходимо не менее 10 образцов; за результат принимают среднее арифметическое полученных значений потери массы.

Таблица 1

Группа огнезащитной эффективности по НПБ 251-98 (ГОСТ 16363-98)

Потеря массы, %	Группа огнезащитной эффективности покрытия деревянной конструкции	Характеристика средств огнезащиты
Не более 9	I	Средства, обеспечивающие получение трудногораемой древесины
Более 9, но менее 25	II	Средства, обеспечивающие получение трудновоспламеняемой древесины
25 и более	III	Средства, не обеспечивающие огнезащиту древесины



ПЗ№4 ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ТРЕБОВАНИЯМ СТАНДАРТОВ ПОСЛЕ ПОЖАРА

У каждого материала есть определённый предел огнестойкости, из которого складывается общая огнезащита как одного материала, так и нескольких в комплексе. А поскольку здание возводится посредством использования комплекса различных материалов, следовательно, и огнестойкость будет определяться сочетанием различных факторов. Кроме того, огнестойкость сооружений определяется также способом, который применялся при строительстве, а также этажностью зданий, и наоборот этажность в немалой степени может зависеть от возможной огнестойкости. Поэтому, при организации конструкторских и строительных работ необходимо заранее спланировать комбинацию факторов, максимально увеличивающих огнестойкость всего здания.

Огнестойкость — способность строительных конструкций ограничивать распространение огня, а также сохранять необходимые эксплуатационные качества при высоких температурах в условиях пожара. Характеризуется пределами огнестойкости и распространения огня.

Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются путем их огневых испытаний по стандартной методике и выражаются временем (в часах, минутах, секундах) действия на конструкцию стандартного пожара до достижения ею одного из следующих предельных состояний:

- потери несущей способности (обрушение или прогиб) при проектной схеме опирания и действии нормативной нагрузки — постоянной от собственного веса конструкции и временной, длительной, от веса стационарного оборудования (станков, аппаратов и машин, электродвигателей и др.);
- повышения температуры необогреваемой поверхности в среднем более чем на 160 °С или в любой ее точке более чем на 190°С в сравнении с начальной температурой либо более 220 °С независимо от температуры конструкции до испытаний;
- образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;
- достижения при испытаниях ненагруженной конструкции критической температуры (то есть температуры, при которой происходят необратимые изменения физико-механических свойств) её несущих элементов или частей, защищенных огнеза-



Расследование пожаров

щитными покрытиями и облицовками; характеризует потерю несущей способности.

Данные о пределах огнестойкости и распространения огня используют при проектировании зданий и сооружений. Последние, согласно нормативным документам, разделены по степени огнестойкости на пять групп. Для них установлены требуемые пределы огнестойкости (минимальные) и распространения огня (максимальные) основных строительных конструкций. В зависимости от их вида указанные пределы огнестойкости изменяются от 0,25 до 2,5 ч, пределы распространения огня — от 0 до 40 см. Повышение огнестойкости достигается методами огнезащиты.

Стандартный пожар воспроизводится в печах, футерованных огнеупорным кирпичом, путем сжигания керосина с помощью специальных форсунок. При этом температура в печах контролируется термометрами, горячие спаи которых отстоят от поверхностей испытываемых конструкций на 100 мм. Работу форсунок регулируют так, чтобы их пламя не имело контакта с контрольными термометрами и поверхностью каждой конструкции.

От степени огнестойкости конструкций будут зависеть технические и организационные особенности пожаротушения, поскольку будет заранее известно, какие материалы использовались при строительстве и как будет развиваться пожар в здании. При этом можно рассчитать объективно необходимые параметры: предельную удаленность пожарных депо, количество пожарных машин на одно здание, а также количество и интенсивность струй воды из брандспойтов.

Точная оценка степени огнестойкости конструкций при расследовании причин возникновения пожара может дать органам дознания сведения о достоверности заявленных данных в декларации или паспорте на здание, сооружение или конструкцию.

Различать степени огнестойкости постройки необходимо как в процессе проектирования и строительства здания, так и при его дальнейшей эксплуатации.

Цель работы - выработать практические навыки по техническим особенностям расследования пожара, выдвижению и проверки версий о причине возникновения пожара и обстоятельствах, влияющих на развитие и распространение горения, с использованием основ криминалистических методик, методов исследования конструкций, предметов, веществ и материалов на месте пожара и в лабораторных условиях.

Научные исследования в области расследования пожаров различных объектов направлены на снижение числа жертв



Расследование пожаров

и материального ущерба от пожара, и организация их относится к приоритетным государственным задачам в области обеспечения национальной безопасности.

Важной задачей расследования пожаров является оценка эффективности защитных мероприятий, установление причин пожаров и выяснение иных обстоятельств, имеющих значение для правильного разрешения дела по пожару.

Общая характеристика огнестойкости и пожарной опасности деревянных конструкций. Древесина при отсутствии специальной защиты относится к сгораемым материалам, однако по огнестойкости деревянные конструкции могут конкурировать с некоторыми железобетонными или защищенными стальными. Пределы огнестойкости незащищенных конструкций из клеёной древесины находятся в диапазоне 0,5...0,75 часа.

Причиной относительно высокой огнестойкости деревянных конструкций является защитное действие обуглившегося слоя древесины, препятствующего проникновению тепла и кислорода в зону горения, а значит, возгоранию более глубоких слоёв элемента.

В условиях стандартного пожара достижение незащищенной поверхностью древесины температуры обугливания возможно через 3...5 мин после начала огневого воздействия. В процессе испытания обугленный слой постепенно распространяется вглубь сечения, увеличивая свою толщину z . За фронтом обугливания находится слой «неработоспособной» древесины, прогретой до температуры 230...250⁰ С; его толщина в процессе нагрева составляет 50 мм. Далее располагается слой, частично подверженный термической деструкции, зона фазового превращения влаги в пар и неповрежденная древесина.

Получение информации об эффективности обеспечения огнестойкости. Время до потери огнестойкости конструкции вследствие истощения несущей способности сечений её элементов τ_u складывается из времени от начала огневого воздействия до начала обугливания древесины τ_F (время задержки) и времени τ_R до момента, когда несущая способность поврежденного обугливанием опасного сечения снизится до величины действующей нагрузки:

$$\tau_u = \tau_F + \tau_R.$$



Расследование пожаров

С увеличением температуры скорость обугливания возрастает, поэтому чем быстрее прогревается элемент, тем быстрее он обугливается. Прогреваемость сечения возрастает с увеличением отношения обогреваемого периметра к площади сечения. Поэтому скорость обугливания возрастает с уменьшением размеров сечения. При расследовании пожара необходимо знать, что прямоугольное сечение обугливается быстрее, чем квадратное при той же площади.

Также необходимо иметь в виду, что при интенсивном движении воздуха (тяга) и чем больше омываемая воздухом поверхность данного объёма древесины, тем выше скорость обугливания. Вследствие меньшей поверхностной активности более твёрдая и плотная древесина горит медленнее, чем мягкая и лёгкая. Сечения с закругленными углами и шлифованной поверхностью в противопожарном отношении более предпочтительны, чем сечения с острыми углами и шероховатой поверхностью. Сечение из отдельных досок с зазорами между ними сгорит быстрее, чем цельное, что объясняется высокой поверхностной активностью и влиянием взаимного излучения поверхности досок. Горение пучка стружек происходит ещё быстрее, а воздушная взвесь древесной пыли вообще является взрывоопасной.

К сведению расследующего пожар необходимо принять, что скорость обугливания влажной древесины меньше, чем сухой, поскольку на испарение влаги требуются затраты тепла. Клееные элементы обугливаются медленнее, чем цельные, вследствие дополнительных теплопотерь на разложение клея.

В зависимости от перечисленных факторов скорость обугливания изменяется в пределах $0,6 \dots 1,8$ мм/мин ($10 \cdot 10^{-6} \dots 30 \cdot 10^{-6}$ м/с) Учитывая, что влияние многих факторов взаимно компенсируются, в практических расчетах скорость обугливания v принимают постоянной. Тогда зависимость глубины обугливания z от времени нагрева τ приобретает линейный характер: $z = \tau v$.

Для деревянных конструкций важно обеспечить не только требуемую огнестойкость, но и снизить пожарную опасность, обусловленную воспламеняемостью и горючестью древесины. Различные способы задержки воспламенения (конструктивная огнезащита и вспучивающиеся покрытия) успешно выполняют эту задачу, поскольку образуемый на поверхности деревянной конструкции защитный слой изолирует её от огня, замедляет прогрев до температуры воспламенения, пре-



Расследование пожаров

пятствует распространению пламени после воспламенения.

Огнезащитная эффективность пропиток и защитных покрытий определяется в соответствии с НПБ 251-98 (ГОСТ 16363-98). В процессе расследования образцы после огневого воздействия (пожара) необходимо охладить и взвесить. Реальную группу огнезащитной эффективности определяют по потере массы образца (таблица 1):

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100\%,$$

где m_1 и m_2 - соответственно масса образца до и после огневого воздействия.

Для исследования необходимо не менее 10 образцов; за результат принимают среднее арифметическое полученных значений потери массы.

Таблица 1

Группа огнезащитной эффективности по НПБ 251-98 (ГОСТ 16363-98)

Потеря массы, %	Группа огнезащитной эффективности покрытия деревянной конструкции	Характеристика средств огнезащиты
Не более 9	I	Средства, обеспечивающие получение трудногоряемой древесины
Более 9, но менее 25	II	Средства, обеспечивающие получение трудновоспламеняемой древесины
25 и более	III	Средства, не обеспечивающие огнезащиту древесины

Ситуационная задача: На объекте (складе ЛВЖ) произошел пожар. Пожарными зафиксировано время окончания пожара 23.00. Время начала пожара не зафиксировано. Согласно заявлению владельца объекта деревянные конструкции были



Расследование пожаров

обработаны покрытием N-ой группы огнезащитной эффективности.

Для расследования обстоятельств пожара и отработки версий с целью установления причин пожара и выяснение иных обстоятельств, имеющих значение для правильного разрешения дела по пожару предлагается в любой последовательности ответить на следующие вопросы:

Вопрос №1. Определить примерное время начала огневого воздействия (начала пожара).

Вопрос №2. Определить реальную группу (I, II или III) огнезащитной эффективности (определяют по потере массы Δm образца деревянной конструкции).

Дано: Для расследования пожара изъяты 10 образцов массой m_2 и длиной $h = 100$ мм деревянного бруса исходным сечением 40 мм x 80 мм и исходной плотностью ρ . Образцы обуглены по поверхности площадью 80 мм x 100 мм на глубину z . Взвешивание позволило определить массу m_2 образцов после огневого воздействия. Скорость обугливания v определена эмпирически в зависимости от плотности древесины.

Исходные данные сведены в таблицу 2 по вариантам. Номер варианта соответствует последней цифре зачетной книжки студента.



ПЗ№5 ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.

Методам исследования электротехнических объектов при экспертизе пожаров традиционно уделялось основное внимание. В немалой степени этому способствовала официальная статистика по пожарам, уверяющая, что каждый четвертый пожар возникает в результате неисправности или нарушения правил эксплуатации электроустановок. Помня о том, что статистика по причинам пожаров формируется как результат нашего умения (или неумения) достоверно эти причины устанавливать, нельзя, тем не менее, не признать, что любое находящееся под напряжением электрическое устройство является потенциальным источником зажигания и вклад электроустановок и электросетей в возникновение пожаров действительно значителен. Поэтому возможность установления факта аварийного режима работы прибора или устройства и причастности этого режима к возникновению пожара крайне важна для эксперта.

Основные методические принципы установления причастности электротехнических устройств к возникновению пожара сформулировал Г.И. Смелков. Анализируя пути решения этой задачи, реализованные в методиках по исследованию электропроводок, нагревательных приборов, светотехнических изделий, автор пришел к выводу, что все они базируются на двух основных принципах: установлении характера среды в зоне аварийного режима электроустановки и установлении температуры (степени) нагрева деталей или узлов электротехнических изделий в момент возникновения в них аварийного режима. Действительно, исследуя состав и структуру металла деталей электротехнического прибора или устройства с помощью рентгеноструктурного и элементарного анализа, металлографии, определяя физико-механические свойства металла, мы, по сути, получаем информацию, прямо или косвенно свидетельствующую об условиях, в которых побывал объект на пожаре, в частности, в критические моменты образования электрической дуги (о составе газовой атмосферы, температуре нагрева и др.). А затем, исходя из данных и учитывая прочие обстоятельства пожара, экспертом формируется вывод:

а) о наличии признаков аварийного режима работы исследуемого объекта (прибора, устройства);

б) о причастности аварийного режима к возникновению пожара или о его вторичности (т.е. возникнове-



Расследование пожаров

нии в результате пожара).

Сегодня, с учетом вновь разработанных методик и усовершенствования старых, этот перечень основных принципов можно уточнить и расширить. При исследовании объектов электротехнического назначения по косвенным признакам (структура металла, физико-механические его свойства и т.д.) устанавливается не только температура нагрева косвенным признакам (структура металла, физикомеханические его свойства и т.д.), но и оценивается скорость (динамика) нагрева или охлаждения металла, а также распределение температурных зон по изделию. Инструментальные и химические исследования обеспечивают, кроме того, установление факта и направленности массопереноса металла, что в ряде случаев прямо свидетельствует об аварийном режиме работы электроустановки. Примером установления факта массопереноса может служить химическое определение напыленного никеля на стеклах колб ламп накаливания, наличие которого является признаком характерного аварийного режима работы лампы.

Возможен массоперенос и в виде диффузии металла в металл, что также имеет место при некоторых аварийных процессах.

Изъятие вещественных доказательств с целью установления причины пожара.

1. Объекты электротехнического назначения. Пожары от электротехнических причин можно разделить на два основных класса:

а). Пожары, возникающие внутри электрической распределительной системы. К ней относятся все установочное электрооборудование от точки, где завершается силовая проводка в здание, до приемников (электропотребителей).

б). Пожары, возникающие внутри электроприемников.

Сопоставление местонахождения найденных остатков сгоревшего электрооборудования с местами его первоначального расположения согласно электрической схеме объекта позволяет выявить допущенные в процессе эксплуатации отклонения. Изъятию на исследование объектов электротехнического назначения должен предшествовать общий осмотр электросети в зоне пожара. Должно быть установлено и в протоколе осмотра зафиксировано положение выключателей и состояние средств защиты по всей линии энергоснабжения сгоревшего объекта (помещения). В ходе осмотра желательно составить схему энергоснабжения сгоревшего помещения. Наиболее тщательно осматривается зона очага пожара. В ней визуально исследуются все имеющиеся электропотребители и электрокоммуникации. Отсутствие признаков



Расследование пожаров

аварийных режимов на тех или иных электроприборах и частях электропроводки фиксируются в протоколе осмотра. В спорных случаях, а также при невозможности установить при визуальном осмотре причастность (непричастность) объекта к возникновению пожара, он изымается для лабораторных исследований. Изъятию подлежат также все выявленные в зоне очага объекты со следами аварийных режимов работы (прожогами, оплавлениями и т.д.).

Электроприборы и оборудование.

Все крупногабаритные электронагревательные приборы (чайники, кипятильники, фены, калориферы, грелки, электрокамины и т.д.) и их обгоревшие остатки, обнаруженные в зоне очага пожара подлежат обязательному изъятию и отправке на исследование с целью установления их причастности к возникновению пожара. Естественно, если прибор в момент пожара находился явно в невключенном или нерабочем состоянии, то его изымать не следует. Нужно, однако, отметить этот факт в протоколе осмотра места пожара. В протоколе отражается также взаиморасположение электроприборов и сгораемых материалов, наличие локальных зон термического поражения (особенно - прогаров) по месту нахождения прибора. Из обгоревших холодильников изымаются и направляются на исследование отдельные узлы и устройства – пусковое реле, терморегулятор, электродвигатель. Состояние холодильника после пожара в целом (зоны выгорания краски, деформации металла, наличие цветов "побежалости" на стали и т.п.) описываются в протоколе осмотра. Аналогичным образом поступают с другими приборами и оборудованием, которое, учитывая его габариты, не может быть изъято для исследования целиком. Сетевой провод с электровилкой изымается вместе с электроприбором, при этом, в протоколе осмотра места пожара фиксируется его положение на момент осмотра, наличие (или отсутствие) закопчения на штырях электровилки и гнездах электророзетки. Необходимо иметь ввиду, что на пожаре, при достаточно интенсивном горении, часто имеет место разрушение провода, розеток, электровилок. В этом случае их остатки необходимо поискать в пожарном мусоре и изъять, если они будут найдены, вместе с остатками электроприбора. Остатки ламп накаливания, которые находились в зоне очага пожара, также подлежат изъятию на исследование. Путем изучения цоколя, электродов лампы, а также осколков колбы, можно установить причастность аварийного режима работы лампы к возникновению пожара. По-



Расследование пожаров

этому следует искать указанные остатки лампы в пожарном мусоре, а в случае их нахождения, аккуратно упаковать (цоколь и электроды – отдельно, стекла – отдельно) и направить на исследование. Из люминесцентных светильников дневного света, расположенных в зоне очага пожара следует изымать имеющиеся в них дроссели и стартеры. При изъятии всех без исключения электроприборов, коммутационных устройств, изымаемый объект предварительно фотографируют или описывают, в каком положении он обнаружен, а на прилагаемой электрической схеме отмечают место его подключения. Если невозможно установить принадлежность данного провода или электроприбора к конкретному участку электрической схемы, место изъятия должно быть, по крайней мере, отмечено на плане места пожара. Если удалось разобраться со схемой энергоснабжения в зоне очага, то изъятие на исследование тот или иной объект с признаками аварийных режимов работы, необходимо осмотреть участки данной сети, более удаленные от источника тока. Даже если эти участки расположены вне очага, на них имеются следы аварийных режимов, последние могут быть причиной исследуемого пожара. Такие устройства, участки проводов подлежат изъятию и отправке на исследование в лабораторию. По прочим объектам, если вы при исследовании пожара, считаете, что тот или иной объект может иметь причастность к причине возникновения пожара, то его также необходимо изъять, если это возможно и отправить на исследование.

Провода со следами оплавлений.

В процессе осмотра места пожара изымается не вся электропроводка, а только ее фрагменты, имеющие локальные следы термического воздействия и находящиеся в установленном или предполагаемом очаге пожара. Длина изымаемых проводников должна быть не менее 35 - 40 мм. (лучше 10 см.- достаточно). Если оплавление находится не на окончании проводника, желательно, чтобы участки по обе стороны от оплавления были не менее 30 - 40 мм. Изымать проводники следуют осторожно, стараясь не повредить место оплавления. При упаковке проводников недопустим их изгиб на расстоянии менее 50 мм от места оплавления, в противном случае проводники могут стать непригодными для дальнейшего исследования. Сплавленные жилы не разделяются, а изымаются вместе. Провода, проложенные в трубах или металлорукавах, изымаются в месте с отрезками труб или металлорукавов. Каждый из изъятых



Расследование пожаров

проводников снабжается ярлыком с описанием места изъятия и принадлежности к конкретному участку электрической схемы объекта и упаковывается отдельно. Упаковка вещественных доказательств должна обеспечивать отсутствие повреждений при их транспортировке.

Параллельно в протоколе осмотра места происшествия отмечается, какие проводники изъяты, в каком месте, и делаются необходимые фотоснимки. К протоколу осмотра должна быть приложена электрическая схема, на которой указывается место изъятия проводников. Если вещественные доказательства изымались при раскопках пожарища и невозможно установить при осмотре, каким именно элементом схемы является данный проводник, следует отметить место его изъятия на плане помещения, здания или сооружения.

При назначении исследований (экспертиз), связанных с исследованием металлических проводников, помимо вещественных доказательств необходимо представлять следующие материалы:

- электрическую схему объекта с указаниями, какими элементами ее являются представленные на исследование проводники (желательно);
- план объекта с указанием на нем мест изъятия проводников, места предполагаемого очага пожара, места ввода электроэнергии на объект.



ПЗ№6 ОЦЕНКА ПРИМЕРНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ.

Древесина при отсутствии специальной защиты относится к сгораемым материалам, однако по огнестойкости деревянные конструкции могут конкурировать с некоторыми железобетонными или защищенными стальными. Пределы огнестойкости незащищенных конструкций из клеёной древесины находятся в диапазоне 0,5...0,75 часа.

Причиной относительно высокой огнестойкости деревянных конструкций является защитное действие обуглившегося слоя древесины, препятствующего проникновению тепла и кислорода в зону горения, а значит, возгоранию более глубоких слоёв элемента.

В условиях стандартного пожара достижение незащищенной поверхностью древесины температуры обугливания возможно через 3...5 мин после начала огневого воздействия. В процессе испытания обугленный слой постепенно распространяется вглубь сечения, увеличивая свою толщину z . За фронтом обугливания находится слой «неработоспособной» древесины, прогретой до температуры 230...250⁰ С; его толщина в процессе нагрева составляет 50 мм. Далее располагается слой, частично подверженный термической деструкции, зона фазового превращения влаги в пар и неповрежденная древесина.

Время до потери огнестойкости конструкции вследствие исчерпания несущей способности сечений её элементов τ_u складывается из времени от начала огневого воздействия до начала обугливания древесины τ_F (время задержки) и времени τ_R до момента, когда несущая способность поврежденного обугливанием опасного сечения снизится до величины действующей нагрузки:

$$\tau_u = \tau_F + \tau_R.$$

С увеличением температуры скорость обугливания возрастает, поэтому чем быстрее прогревается элемент, тем быстрее он обугливается. Прогреваемость сечения возрастает с увеличением отношения обогреваемого периметра к площади сечения. Поэтому скорость обугливания возрастает с уменьшением размеров сечения. При расследовании пожара необходимо знать, что прямо-



Расследование пожаров

угольное сечение обугливается быстрее, чем квадратное при той же площади.

Также необходимо иметь в виду, что при интенсивном движении воздуха (тяга) и чем больше омываемая воздухом поверхность данного объёма древесины, тем выше скорость обугливания. Вследствие меньшей поверхностной активности более твёрдая и плотная древесина горит медленнее, чем мягкая и лёгкая. Сечения с закругленными углами и шлифованной поверхностью в противопожарном отношении более предпочтительны, чем сечения с острыми углами и шероховатой поверхностью. Сечение из отдельных досок с зазорами между ними сгорит быстрее, чем цельное, что объясняется высокой поверхностной активностью и влиянием взаимного излучения поверхности досок. Горение пучка стружек происходит ещё быстрее, а воздушная взвесь древесной пыли вообще является взрывоопасной.

Скорость обугливания влажной древесины меньше, чем сухой, поскольку на испарение влаги требуются затраты тепла. Клееные элементы обугливаются медленнее, чем цельные, вследствие дополнительных теплотерь на разложение клея.

В зависимости от перечисленных факторов скорость обугливания изменяется в пределах $0,6...1,8$ мм/мин ($10,1 \cdot 10^{-6} ... 30,1 \cdot 10^{-6}$ м/с). Учитывая, что влияние многих факторов взаимно компенсируются, в практических расчетах скорость обугливания и принимают постоянной. Тогда зависимость глубины обугливания z от времени нагрева τ приобретает линейный характер:

$$z = \tau v.$$

Для деревянных конструкций важно обеспечить не только требуемую огнестойкость, но и снизить пожарную опасность, обусловленную воспламеняемостью и горючестью древесины. Различные способы задержки воспламенения (конструктивная огнезащита и вспучивающиеся покрытия) успешно выполняют эту задачу, поскольку образуемый на поверхности деревянной конструкции защитный слой изолирует её от огня, замедляет прогрев до температуры воспламенения, препятствует распространению пламени после воспламенения.

Огнезащитная эффективность пропиток и защитных покрытий определяется в соответствии с НПБ 251-98 (ГОСТ 16363-98). Реальную группу огнезащитной эффективности определяют по потере массы образца (таблица 1):



Расследование пожаров

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%,$$

где m_1 и m_2 - соответственно масса образца до и после огневого воздействия.

Для исследования необходимо не менее 10 образцов; за результат принимают среднее арифметическое полученных значений потери массы.

Таблица 1

Группа огнезащитной эффективности по НПБ 251-98 (ГОСТ 16363-98)

Потеря массы, %	Группа огнезащитной эффективности покрытия деревянной конструкции	Характеристика средств огнезащиты
Не более 9	I	Средства, обеспечивающие получение трудногораемой древесины
Более 9, но менее 25	II	Средства, обеспечивающие получение трудновоспламеняемой древесины
25 и более	III	Средства, не обеспечивающие огнезащиты древесины



ПЗ№7. РАССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРА РАЗЛИТИЯ ПРИ ЧС (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРА РАЗЛИТИЯ ПРИ ЧС).

При нарушении герметичности сосуда, содержащего сжиженный горючий газ или жидкость, часть (или вся) жидкости может заполнить поддон или обваловку, растечься по поверхности грунта или заполнить какую-либо естественную впадину.

Если поддон или обваловка имеют размеры $a \cdot b$ (радиус $r_{под}$), то глубину заполнения h , м, можно найти по формуле [1]:

$$h = m_{ж} / (\rho_{ж} F_{под}), \quad (1)$$

где $m_{ж}$, $\rho_{ж}$ — масса и плотность разлившейся жидкости; $F_{под}$ — площадь поддона, равная ab — для поддона прямоугольного сечения и $\pi r_{под}^2$ — для круглого.

При авариях в системах, не имеющих защитных ограждений, происходит растекание жидкости по грунту и (или) заполнение естественных впадин. Обычно при растекании на грунт площадь разлива ограничена естественными и искусственно созданными границами (дороги, дренажные каналы и т.п.), а если такая информация отсутствует, то для приближенных расчетов принимают толщину разлившегося слоя равной $h = 0,05$ м и определяют площадь разлива $F_{раз}$, м²:

$$F_{раз} = m_{ж} / (h \rho_{ж}). \quad (2)$$

По результатам экспериментов с жидким метаном и азотом компания «Газ де Франс» рекомендует следующие значения h , м, для различных видов поверхности:

бетонная	$0,3 \cdot 10^2$
водная	$1 \cdot 10^2$
гравий	$5 \cdot 10^2$
влажная песчаная	$15 \cdot 10^2$
сухая песчаная	$20 \cdot 10^2$

Пламя пожара разлива при расчете представляют в виде наклоненного по направлению ветра цилиндра конечного размера (рисунок 1), причем угол наклона Θ зависит от безразмерной скорости ветра W/B :



Расследование пожаров

$$\cos\theta = 0,75 W_B^{-0,49}. \quad (3)$$

Геометрические параметры факела пожара разлива можно определить по формуле Томаса:

$$\frac{L}{D} = 55 \left[\frac{m_{\text{выг}}}{\rho_B \sqrt{gD}} \right]^{0,67} W_B^{-0,21} \quad (4)$$

где L — высота пламени; D — диаметр зеркала разлива, м; $m_{\text{выг}}$ — массовая скорость выгорания, кг/(м² · с); ρ_B — плотность воздуха, кг/м³; g — ускорение силы тяжести, м/с²; W_B — безразмерная скорость ветра;

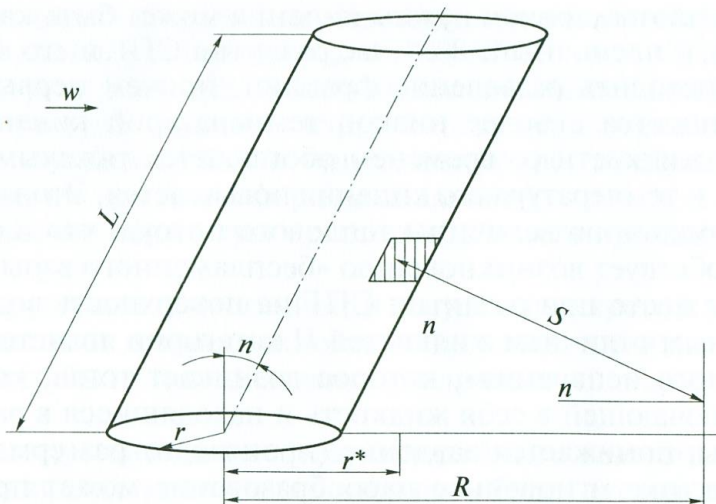


Рисунок 1. Расчетная схема пожара разлива

$$W_B = w(m_{\text{выг}}gD/\rho_n)^{-1/3}, \quad (5)$$

где w — скорость ветра, м/с; ρ_n — плотность пара, кг/м³.

Скорость выгорания жидкостей определяют, как правило, экспериментально. Обобщенные экспериментальные данные представлены на рисунке 2.



Расследование пожаров

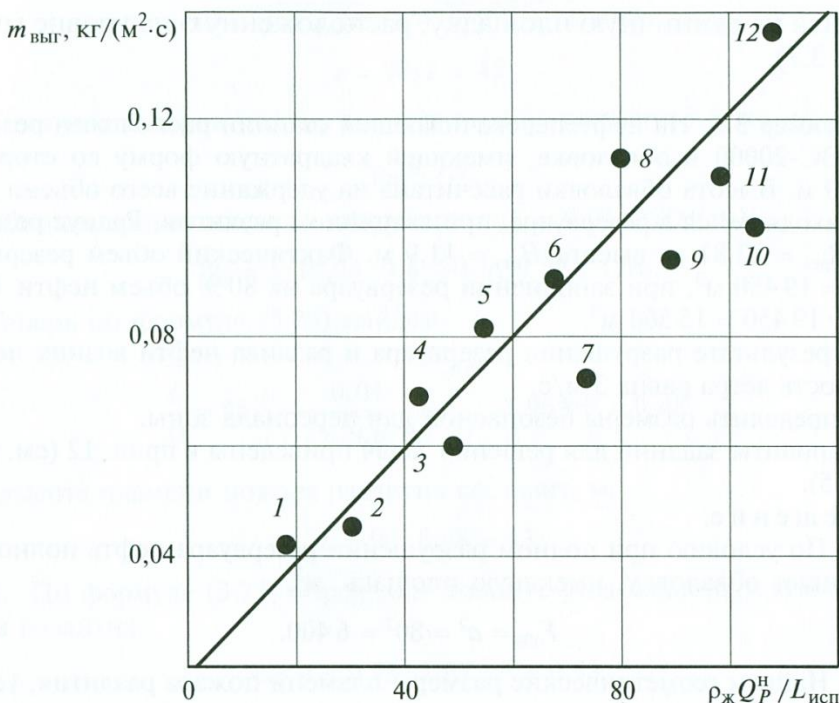


Рисунок 2. Обобщенные экспериментальные данные по скорости выгорания различных жидкостей:

- 1 — метанол; 2 — диэтилентриамин; 3 — ацетон; 4 — диметилгидрозин; 5 — ракетное топливо; 6 — ксилол; 7 — бензин; 8 — бензол; 9 — гексан; 10 — бутан; 11 — сжиженный природный газ; 12 — сжиженный нефтяной газ

Плотность теплового потока пожара разлития, падающего на элементарную площадку, несложно найти по формуле, кВт/м²,

$$q_{пад} = q_{соб} \exp[-7 \cdot 10^{-4}(R - r)]\varphi, \quad (6)$$

где $q_{соб}$ — средняя по поверхности плотность потока собственного излучения пламени, кВт/м² (таблица 1); φ — угловой коэффициент излучения с площадки на боковой поверхности пламени пожара разлива на единичную площадку, расположенную на уровне грунта (рисунок 3). Верхняя граница значений, безопасных для человека, составляет 4 кВт/м². Более высокие показатели приводят к термическим ожогам различной степени тяжести.



Расследование пожаров

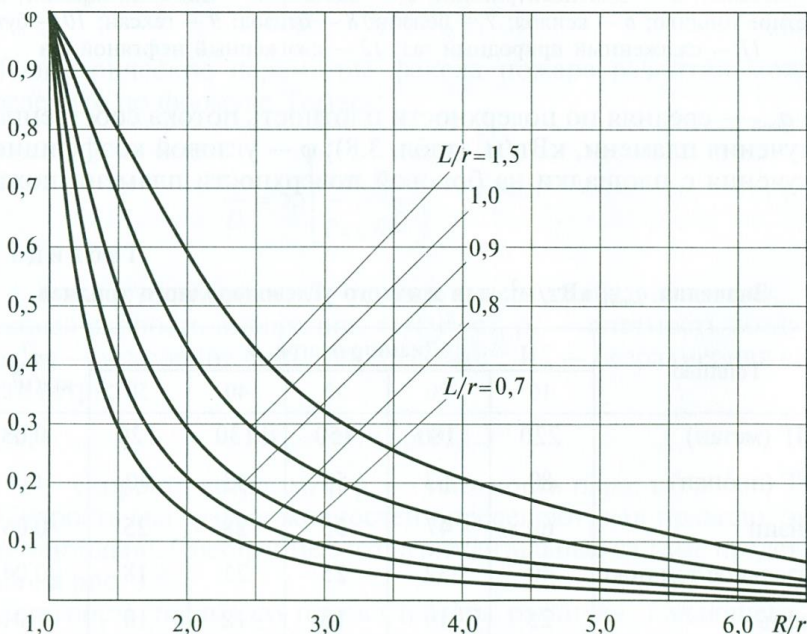


Рисунок 3. Зависимость углового коэффициента излучения ϕ с цилиндрического пламени пожара разлития на элементарную площадку от R/r

Таблица 1

Значения $q_{собр}$, кВт/м², для жидкого углеводородного топлива

Топливо	Диаметр очагов, м					$M_{выг}$ кг/(м ² ·с)
	1	2	3	4	5	
СПГ (ме-)	2	1	1	1	1	0,08
СУГ (про-)	8	6	5	4	4	0,1
Бензин	6	4	3	2	2	0,06
Дизельное	4	3	2	2	1	0,04
Нефть	2	1	1	1	1	0,04

Примечание. Для диаметров очагов менее 10 и более 50 м следует принимать величину $q_{собр}$ такой же, как и для



Расследование пожаров

очагов диаметром 10 и 50 м соответственно.

Плотность газа (пара) можно найти по формуле

$$\rho_n = M/(V_0 \cdot (1 + 0,00367 t_p)), \quad (7)$$

где M – молярная масса, V_0 – молярный объём, равный 22,4 м³/кмоль, t_p – расчетная температура, °С.

Пример: На нефтеперекачивающей станции расположен резервуар РВС-20000 в обваловке, имеющей квадратную форму со стороной $a = 80$ м. Высота обваловки рассчитана на удержание всего объема нефти, находящейся в резервуаре, при аварийном разлиии. Радиус резервуара $R_{рез} = 22,81$ м, высота $H_{рез} = 11,9$ м. Фактический объем резервуара $V_{факт} = 19450$ м³, при заполнении резервуара на 80% объем нефти $V_{неф} = 0,8 \cdot 19450 = 15560$ м³, температура нефти $t_n = 22,4$ °С. Молярную массу нефти положить равной 240 г/моль.

В результате разрушения резервуара и разлива нефти возник пожар. Скорость ветра равна 3 м/с.

Вопрос: Определите размеры безопасной для персонала зоны.

Решение: По условию при полном разрушении резервуара нефть полностью заполняет обваловку, имеющую площадь, м²,

$$F_{обв} = a^2 = 80^2 = 6400.$$

Найдем геометрические размеры пламени пожара разлития, условно принимаемого в виде наклонного цилиндра, предварительно определив:

1. диаметр зеркала разлива, м:

$$D = \sqrt{4 F_{обв} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 6400 / 3,14} = 90;$$

$$r = 90/2 = 45;$$

2. плотность паров нефти, кг/м³:

$$\rho_n = 240 / (22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 22,4)) = 9,9;$$

3. безразмерную скорость ветра (при $m_{выг} = 0,04$ кг/(м² · с)):

$$W_b = 3 \cdot (0,04 \cdot 9,8 \cdot 90/9,9)^{-1/3} = 1,96$$

Теперь по формуле (4) найдем

$$\frac{L}{D} = 55 \cdot \left(\frac{0,04}{1,29 \sqrt{9,8 \cdot 90}} \right)^{0,67} \cdot 1,96^{-0,21} = 0,48$$

т. е. высота пламени пожара разлития составит, м,

$$L = 90 \cdot 0,48 = 43.$$

По формуле (3) определим косинус угла наклона пламени



Расследование пожаров

пожара разлития:

$$\cos \Theta = 0,75 \cdot 1,96^{-0,49} = 0,53, \text{ т.е. } \Theta = 58^\circ.$$

Плотность потока теплового излучения пламени пожара разлития, падающего на элементарную площадку, найдем по формуле (6), определяя угловые коэффициенты излучения φ по графику на рисунке 3 для различных расстояний R от центра пламени (результаты расчетов приведены ниже), приняв для простоты расчета линию, соответствующую

$$L/r = 43/45 \approx 1.$$

Данные, получаемые из графика, таковы:

R/r	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
R, м	45	68	90	110	135	160	180	200	225	250
φ	1	0,74	0,48	0,3	0,2	0,18	0,13	0,1	0,08	0,07

По формуле (6) на разных расстояниях от границы пламени плотности падающего теплового потока при $q_{\text{соб}} = 60 \text{ кВт/м}^2$ составят:

R, м	45	68	90	110	135	160	180	200	225	250
$q_{\text{пад}}$	60	43	28	17	12	8,3	7,1	5,4	4,2	3,6

Из результатов расчетов следует, что безопасным для персонала будет расстояние от обваловки $R = 250 \text{ м}$, где плотность падающего теплового потока $q_{\text{пад}}$ будет меньше 4 кВт/м^2 .