

### Тема 3: Основы пожарной тактики

#### *Понятие пожар*

**Пожаром** называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Продолжительность пожара, время воздействия теплоты на окружающую среду, а также материальный ущерб зависят от характера и величины пожарной нагрузки  $m_{п.н}$  - массы горючих и трудногорючих материалов, в том числе конструктивных элементов, отнесенной к площади пола помещения или площади, занимаемой этими материалами в открытом пространстве (кг/м<sup>2</sup>).

Пожар представляет собой сложный физико-химический процесс, включающий помимо горения явления массо- и теплообмена, развивающиеся во времени и пространстве. Эти явления взаимосвязаны и характеризуются параметрами пожара: скоростью выгорания, температурой и т. д. и определяются рядом условий, многие из которых носят случайный характер.

Явления массо- и теплообмена называют общими явлениями, характерными для любого пожара независимо от его размеров и места возникновения. Только ликвидация горения может привести к их прекращению. При пожаре процесс горения в течение достаточно большого промежутка времени не управляется человеком. Следствием этого процесса являются большие материальные потери.

Общие явления могут привести к возникновению частных явлений, т. е. таких, которые могут или не могут происходить на пожарах. К ним относят: взрывы, деформацию и обрушение технологических аппаратов и установок, строительных конструкций, вскипание или выброс нефтепродуктов из резервуаров и другие явления.

Возникновение и протекание частных явлений возможно лишь при создании на пожарах определенных благоприятных для этого условий. Так, деформация или обрушение строительных конструкций происходят лишь в зданиях или на открытых производственных установках, чаще при большой продолжительности пожаров; вскипание или выброс нефтепродуктов лишь при горении темных и обводненных нефтепродуктов или при наличии подтоварной воды (водяной подушки) и т.д.

Пожар сопровождается еще и социальными явлениями, наносящими обществу не только материальный, но и моральный ущерб. Гибель людей, термические травмы и отравления токсичными продуктами горения, возникновение паники на объектах с массовым пребыванием людей и т. п. – тоже явления, происходящие на пожарах. И они тоже частные, так как вторичны от общих явлений, сопровождающих пожар. Это особая группа явлений, вызывающая значительные психологические перегрузки и даже стрессовые состояния у людей.

Статистический учет пожаров, ведущийся в нашей стране и других развитых странах, позволяет выявить примерное распределение ущерба и гибели людей по зданиям различного назначения от опасных факторов пожара. Под опасным фактором пожара понимают фактор пожара, воздействие которого приводит к травмам, отравлению или гибели человека, а также к уничтожению (повреждению) материальных ценностей.

Опасными факторами пожара (ОФП), воздействующими на людей, являются:

- открытый огонь и искры;
- повышенная температура окружающей среды, предметов и т. п.;
- токсичные продукты горения, дым;
- пониженная концентрация кислорода;
- падающие части строительных конструкций, агрегатов, установок и т.п.;
- опасные факторы взрыва (ГОСТ 12.1. 004–85).

Наибольший материальный ущерб наносят пожары в производственных и складских зданиях, гибель людей от ОФП чаще происходит в жилых зданиях. Пожары в многоэтажных производственных зданиях возникают сравнительно редко, но быстро развиваются по вертикали, материальный ущерб от них в несколько раз превышает ущерб от пожаров в одноэтажных зданиях. К большим материальным потерям и человеческим жертвам приводят крупные пожары. Гибель людей в основном происходит на ранних стадиях развития пожара преимущественно от удушья. Чаще всего на пожаре погибают дети, пожилые люди и инвалиды.

Рост числа пожаров, величина материального ущерба и человеческих жертв определяются концентрацией производства, увеличением производительности ранее известных и созданием новых, опасных в пожарном отношении технологий, увеличением плотности населения, уровнем оснащённости пожарных частей, несвоевременностью принятия мер и т. д.

Таким образом, на пожарах происходят различные явления, взаимосвязанные друг с другом. Они протекают на основе общих физико-химических и социально-экономических законов, характеризуются соответствующими параметрами, знание которых позволяет определить количественные характеристики каждого явления, необходимые для качественной оценки обстановки на пожаре (формирования вывода на основе обобщения и анализа сведений о явлениях, сопровождающих пожар) и принятия оптимального решения на его тушение. С целью детального изучения пожаров и разработки тактики борьбы с ними все пожары классифицируются по группам, классам и видам. Классификация их производится на основе распределения по признакам сходства и различия.

По условиям массо- и теплообмена с окружающей средой все пожары разделены на две большие группы – *на открытом пространстве и в ограждениях*.

В зависимости от вида горящих материалов и веществ пожары разделены на классы А, В, С, Д и подклассы А1, А2, В1, В2, Д1, Д2 и Д3.

**К пожарам класса А** относится горение твердых веществ. При этом, если горят тлеющие вещества, например древесина, бумага, текстильные изделия и т. п., то пожары относятся к *подклассу А1*, неспособные тлеть, например пластмассы, – к *подклассу А2*.

**К классу В** относятся пожары легковоспламеняющихся горючих жидкостей. Они будут относиться к подклассу В1, если жидкости нерастворимы в воде (бензин, дизтопливо, нефть и др.) и к классу В2 – растворимые в воде (например, спирты).

Если горению подвержены газы, например водород, пропан и др., то пожары относятся к *классу С*, при горении же металлов – к *классу Д*.

Причем подкласс Д1 выделяет горение легких металлов, например алюминия, магния и их сплавов; Д2– щелочных и других подобных металлов, например натрия и калия; Д3– горение металлосодержащих соединений, например металлоорганических, или гидридов.

По признаку изменения площади горения пожары можно разделить на **распространяющиеся и нераспространяющиеся**.

Классифицируют пожары по размерам и материальному ущербу, по продолжительности и другим признакам сходства или различия.

Кроме того, в классификации следует отдельно выделить подгруппу пожаров на открытых пространствах – **массовый пожар**, под которым понимают совокупность отдельных и сплошных пожаров в населенных пунктах, крупных складах горючих материалов и на промышленных предприятиях.

Под **отдельным пожаром** подразумевается пожар, возникающий в отдельном здании или сооружении. Одновременно интенсивное горение преобладающего числа зданий и сооружений на данном участке застройки принято называть *сплошным пожаром*. При слабом ветре или при его отсутствии массовый пожар может перейти в огневой шторм.

**Огневой шторм** – это особая форма пожара, характеризующаяся образованием единого гигантского турбулентного факела пламени с мощной конвективной колонкой восходящих потоков продуктов горения и нагретого воздуха и притоком свежего воздуха к границам огневого шторма со скоростью не менее 14–15 м/с.

Пожары в ограждениях можно разделить на два вида: **пожары, регулируемые воздухообменом**, и **пожары, регулируемые пожарной нагрузкой**.

Под *пожарами, регулируемыми вентиляцией*, понимают пожары, которые протекают при ограниченном содержании кислорода в газовой среде помещения и избытке горючих веществ и материалов. Содержание кислорода в помещении определяется условиями его вентиляции, т. е. площадью приточных отверстий или расходом воздуха, поступающего в помещение пожара с помощью механических систем вентиляции.

Под *пожарами, регулируемыми пожарной нагрузкой*, понимают пожары, которые протекают при избытке кислорода воздуха в помещении и развитие пожара зависит от пожарной нагрузки. Эти пожары по своим параметрам приближаются к пожарам на открытом пространстве.

По характеру воздействия на ограждения пожары подразделяются на **локальные** и **объемные**.

*Локальные пожары* характеризуются слабым тепловым воздействием на ограждения и развиваются при избытке воздуха, необходимого для горения, и зависят от вида горючих веществ и материалов, их состояния и расположения в помещении.

*Объемные пожары* характеризуются интенсивным тепловым воздействием на ограждения. Для объемного пожара, регулируемого вентиляцией, характерно наличие между факелом пламени и поверхностью ограждения газовой прослойки из дымовых газов, процесс горения происходит при избытке кислорода воздуха и приближается к условиям горения на открытом пространстве. Для объемного пожара, регулируемого пожарной нагрузкой, характерно отсутствие газовой (дымовой) прослойки между пламенем и ограждением.

Объемные пожары в ограждениях принято называть *открытыми пожарами*, а локальные пожары, пожары, протекающие при закрытых дверных и оконных проемах, – *закрытыми*.

Приведенные классификации пожаров по различным признакам сходства и различия являются условными, поскольку пожары могут в ходе своего развития переходить из одного класса, вида, группы в другой. Однако для практики тушения пожаров рассмотренная классификация необходима, так как позволяет определить способы и приемы прекращения горения, вид огнетушащего вещества, организацию боевых действий подразделений при тушении пожара на данный момент развития пожара.

Пространство, в котором развивается пожар, условно подразделяется на три зоны: горения, теплового воздействия и задымления.

**Зоной горения** называется часть пространства, в котором протекают процессы термического разложения или испарения горючих веществ и материалов (твердых, жидких, газов, паров) в объеме диффузионного факела пламени. Данная зона может ограничиваться ограждениями здания (сооружения), стенками технологических установок, аппаратов, резервуаров.

**Зона теплового воздействия** примыкает к границам зоны горения. В этой части пространства протекают процессы теплообмена между поверхностью пламени, окружающими строительными конструкциями и горючими материалами. Передача теплоты в окружающую среду осуществляется тремя способами: конвекцией, излучением, теплопроводностью. Границы зоны проходят там, где тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов, конструкции и создает невозможные условия для пребывания людей без противотепловой защиты.

**Зоной задымления** называются часть пространства, примыкающая к зоне горения и заполненная дымовыми газами в концентрациях, создающих угрозу для жизни и здоровья людей или затрудняющих действия пожарных подразделений. При пожарах в зданиях и на открытых пространствах зоны задымления имеют характерные особенности и зависят от различных факторов.

Зона задымления может включать в себя всю зону теплового воздействия и значительно превышать ее внешними границами зоны задымления считаются места, где плотность дыма составляет  $0,0001 - 0,0006 \text{ кг/м}^3$ . видимость предметов 6 - 12 м, концентрация кислорода в дыме не менее 16 % и токсичность газов не представляет опасности для людей, находящихся без средств противодымной защиты.

В процессе развития пожара различают три характерные фазы. В первой фазе горением охватывается до 80 % пожарной нагрузки. Во второй фазе происходит активное пламенное горение с потерей массы пожарной нагрузки скорость выгорания непрерывно увеличивается и достигает максимальных величин. В третьей фазе скорость выгорания резко падает. процесс характеризуется догоранием тлеющих материалов и конструкций.

В каждом конкретном случае процесс развития пожара протекает при определенных условиях сосредоточения или рассредоточения пожарной нагрузки и газообмена, т. е. притока воздуха в зону горения и удаления из нее нагретых продуктов сгорания, а также дымовых газов.

Газовый обмен является постоянным явлением любого пожара. При пожарах на открытом пространстве газообмен характеризуется наличием восходящего столба или движущейся колонны газообразных продуктов сгорания. При пожарах в ограждениях (зданиях) газообмен зависит от наличия, состояния и площади проемов, высоты их расположения, удельной пожарной нагрузки и других факторов.

Наиболее интенсивно газообмен протекает при наружных пожарах, пожарах в производственных зданиях со световыми фонарями, бесфонарных зданиях с дымоудаляющими люками в покрытиях, в сценической части и зрительном зале театрально-зрелищных учреждений, зданиях повышенной этажности, особенно административного и гостиничного назначения.

Мощные потоки газов, особенно при наружных пожарах, переносят искры, горящие угли и головни на значительные расстояния, создавая условия для возникновения новых очагов горения, что следует учитывать при организации боевых действий подразделений пожарной охраны.

При газообмене в зданиях, когда доступ свежего воздуха к зоне горения сокращается, происходит обильное выделение продуктов неполного сгорания и теплового разложения. Указанные обстоятельства осложняют обстановку, создают наибольшую опасность для жизни людей и затрудняют оперативные действия подразделений по тушению пожара.

### ***Основные параметры пожара***

Для решения вопросов пожарной безопасности в рамках системы противопожарной защиты необходимо знать и уметь прогнозировать поведение пожара в процессе его развития в конкретных условиях, правильно оценивать обстановку на пожаре. Прогнозирование развития пожара предполагает использование методов расчета направлений и скоростей распространения горения, продолжительности развития пожара, изменений во времени температуры и компонентов газовой среды, интенсивности газообмена и других параметров пожара.

Каждый пожар представляет собой единственную в своем роде ситуацию, определяемую различными событиями и явлениями, носящими случайный характер, например изменение направления и скорости ветра во время пожара и т. п. Поэтому точно предсказать развитие пожара во всех деталях не представляется возможным. Однако пожары обладают общими закономерностями, что позволяет построить аналитическое описание общих явлений пожаров и их параметров.

Основные явления, сопровождающие пожар,— это процессы горения, газо- и теплообмена. Они изменяются во времени, пространстве и характеризуются параметрами пожара. Пожар рассматривается как открытая термодинамическая система, обменивающаяся с окружающей средой веществами и энергией.

Рассмотрим процессы, протекающие на пожаре, и параметры, их характеризующие.

Процесс горения на пожаре горючих веществ и материалов представляет собой быстро протекающие химические реакции окисления и физические явления, без которых горение невозможно, сопровождающиеся выделением тепла и свечением раскаленных продуктов горения с образованием ламинарного или турбулентного диффузионного пламени,

Основными условиями горения являются: наличие горючего вещества, поступление окислителя в зону химических реакций и непрерывное выделение тепла, необходимого для поддержания горения.

Возникновение и распространение процесса горения по веществам и материалам происходит не сразу, а постепенно. Источник горения воздействует на горючее вещество, вызывает его нагревание, при этом в большей мере нагревается поверхностный слой, происходят активация поверхности, деструкция и испарение вещества, материала вследствие термических и физических процессов, образование аэрозольных смесей, состоящих из газообразных продуктов реакции и твердых частиц исходного вещества.

Образовавшиеся газообразные продукты способны к дальнейшему экзотермическому превращению, а развитая поверхность прогретых твердых частиц горючего материала способствует интенсивности процесса его разложения. Концентрация паров, газообразных продуктов деструкции испарения (для жидкостей) достигает критических значений, происходит воспламенение газообразных продуктов и твердых частиц вещества, материала.

Горение этих продуктов приводит к выделению тепла, повышению температуры поверхности и увеличению концентрации горючих продуктов термического разложения (испарения) над поверхностью материала, вещества. Устойчивое горение наступает, когда скорость образования горючих продуктов термического разложения станет не меньше скорости их окисления в зоне химической реакции горения. Тогда под воздействием тепла, выделяющегося в зоне горения, происходят разогрев, деструкция, испарение и воспламенение следующих участков горючих веществ и материалов.

К основным факторам, характеризующим возможное развитие процесса горения на пожаре, относятся: пожарная нагрузка, массовая скорость выгорания, линейная скорость распространения пламени по поверхности материалов, площадь пожара, площадь поверхности горящих материалов, интенсивность выделения тепла, температура пламени и др.

Под **пожарной нагрузкой** понимают количество теплоты, отнесенное к единице поверхности пола, которое может выделиться в помещении или здании при пожаре.

Пожарную нагрузку  $P$ , МДж/м<sup>2</sup>, определяют как сумму постоянной и временной пожарных нагрузок. В постоянную пожарную нагрузку включаются находящиеся в строительных конструкциях вещества и материалы, способные гореть. Во временную пожарную нагрузку включаются вещества и материалы, обращающиеся в производстве, в том числе технологическое и санитарно-техническое оборудование, изоляция, материалы, находящиеся в расходных складах, мебель и другие, способные гореть.

Расчетная пожарная нагрузка для зданий и сооружений или их частей учитывает влияние ряда факторов, характеризующих горючие вещества и материалы, геометрические размеры зданий или их частей, наличие противопожарной техники на пожарную нагрузку.

Пожарную нагрузку и расчетную пожарную нагрузку допускается также определять в кг/м<sup>2</sup>. Тогда под пожарной нагрузкой объекта понимают массу всех горючих и трудногорючих материалов, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> площади пола помещения или площади, занимаемой этими материалами на открытой площадке.

Расчетная пожарная нагрузка характеризует продолжительность пожара (чем больше нагрузка, тем продолжительнее пожар).

Под *скоростью выгорания* понимают потерю массы материала (вещества) в единицу времени при горении. Процесс термического разложения сопровождается уменьшением массы вещества и материалов, которая в расчете на единицу времени и единицу площади горения квалифицируется как *массовая скорость выгорания*, кг/(м<sup>2</sup>\*с).

Массовая скорость выгорания зависит от агрегатного состояния горючего вещества или материала, начальной температуры и других условий. Массовая скорость выгорания горючих и легковоспламеняющихся жидкостей определяется интенсивностью их испарения. Массовая скорость выгорания твердых веществ зависит от вида горючего, его размеров, величины свободной поверхности и ориентации по отношению к месту горения; температуры пожара и интенсивности газообмена. Существенное влияние на массовую скорость выгорания оказывает концентрация кислорода (окислителя) в окружающей среде.

*Линейная скорость распространения горения (пожара)* представляет собой физическую величину, характеризующую поступательным движением фронта пламени в данном направлении в единицу времени. Она зависит от вида и природы горючих веществ и материалов, от начальной температуры, способности горючего к воспламенению, интенсивности газообмена на пожаре, плотности теплового потока на поверхности веществ и материалов и других факторов.

Под *температурой пожара* в ограждениях понимают среднеобъемную температуру газовой среды в помещении, *под температурой пожара на открытых пространствах* – температуру пламени. Температура пожаров в ограждениях, как правило, ниже, чем на открытых пространствах.

Одним из главных параметров, характеризующих процесс горения, является *интенсивность выделения тепла при пожаре*. Это величина, равная по значению теплу, выделяющемуся при пожаре за единицу времени. Она определяется массовой скоростью выгорания веществ и материалов и их теплового содержания.

На интенсивность тепловыделения влияют содержание кислорода и температура среды, а содержание кислорода зависит от интенсивности поступления воздуха в помещение при пожарах в ограждениях и в зону пламенного горения при пожарах на открытых пространствах.

Если горение на пожаре не ограничивается притоком воздуха, интенсивность тепловыделения зависит от площади поверхности материала, охваченной горением. Площадь поверхности вещества или материала, охваченная горением, может оставаться в процессе пожара постоянной величиной (например, горение жидкости в резервуаре, обвалования и т. п.) или изменяться со временем (например, при распространении огня по мебели и другим горючим материалам). Интенсивность тепловыделения на пожаре зависит от газообмена и определяется по формуле:

При пожаре выделяются газообразные, жидкие и твердые вещества. Их называют продуктами горения, т. е. веществами, образовавшимися в результате горения. Они распространяются в газовой среде и создают задымление.

**Дым** – это дисперсная система из продуктов горения и воздуха, состоящая из газов, паров и раскаленных твердых частиц. Объем выделившегося дыма, его плотность и токсичность зависят от свойств горящего материала и от условий протекания процесса горения.

Под *дымообразованием* на пожаре принимают количество дыма, м<sup>3</sup>/с, выделяемого со всей площади пожара. Оно может быть определено из соотношения:

$$V_d = \varphi v_m V_{n.z.} S_n \frac{T_d}{T_o}$$

где  $\varphi$  – коэффициент пропорциональности;

$v_m$  – массовая скорость выгорания;

$V_{n.z.}$  – объем продуктов горения, образовавшихся при сжигании одного килограмма горючего, м<sup>3</sup>/кг;

$T_d$  и  $T_o$  – температура дыма и окружающей среды (соответственно), К.

Процесс задымления зданий и помещений связан с разностью образующегося количества дыма при горении и удаляемого из здания  $V_{yd}$ . Если эту разность отнести к объему помещения  $W$ , получим интенсивность задымления, м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>с):

$$I_z = \frac{V_d - V_{yd}z}{W} \quad (1.9)$$

где  $W$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;  $z$  – концентрация дыма (в долях процентов).

Все величины, входящие в эту формулу, за исключением объема помещения, меняются, во времени. Поэтому для практических расчетов данное выражение необходимо записать в дифференциальной форме. Тогда, задаваясь конечной концентрацией дыма в помещении, возможно, определить время ее достижения, что особенно важно при разработке оперативной документации на тот или иной объект или анализе пожаров.

Концентрация дыма – это количество продуктов горения, содержащихся в единице объема помещения. Ее можно выразить количеством вещества,  $\text{г/м}^3$ ,  $\text{г/л}$ , или в объемных долях.

Экспериментальным путем установлена зависимость видимости от плотности дыма, например, если предметы при освещении их групповым фонарем с лампочкой в 21 Вт видны на расстоянии до 3 м (содержание твердых частичек углерода  $1,5 \text{ г/м}^3$ ) – дым оптически плотный; до 6 м ( $0,6\text{--}1,5 \text{ г/м}^3$  твердых частичек углерода) – дым средней оптической плотности; до 12 м ( $0,1\text{--}0,6 \text{ г/м}^3$  твердых частичек углерода) – дым оптически слабый.

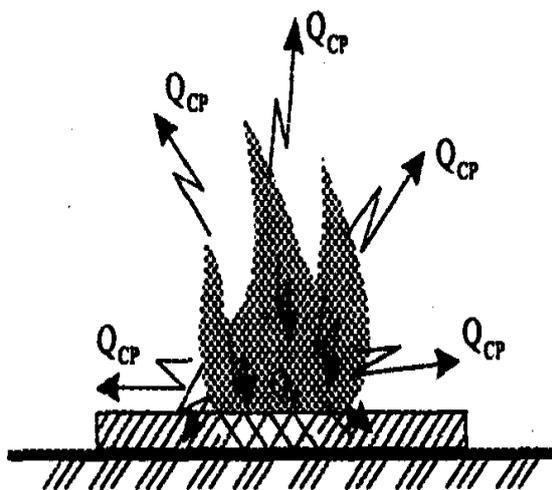
Газовый обмен на пожаре – это движение газообразных масс, вызванное выделением тепла при горении. При нагревании газов их плотность уменьшается, и они вытесняются более плотными слоями холодного атмосферного воздуха и поднимаются вверх. У основания факела пламени создается разрежение, которое способствует притоку воздуха в зону горения, а над факелом пламени (за счет нагретых продуктов горения) – избыточное давление.

Изучение газообмена на открытых пространствах и при небольшой площади горения в помещениях проводится на основе законов аэродинамики, и при рассмотрении процессов газообмена требует специальных знаний.

Процесс газообмена при пожаре в помещении на уровне средних по его объему термодинамических параметров ( $P_\tau$ ,  $r$ ,  $T_\tau$  – давление, плотность, температура) базируется на законах естественного газообмена, возникающего вследствие разности плотностей (гравитационных давлений) наружной и внутренней (в помещении) газовых сред.

На процесс газообмена в помещении большое влияние оказывают высота помещения, геометрические размеры проемов, скорость и направление ветра.

Процессы газообмена на пожаре могут приводить к задымлению как помещений, так и зданий в целом. Правильная организация работ по управлению газовыми потоками на пожаре может способствовать предотвращению задымлений зданий и смежных помещений, имеющих общие проемы, что значительно облегчит работы по локализации и ликвидации пожара.



Одним из главных процессов, происходящих на пожаре, являются процессы теплообмена. Выделяющееся тепло при горении, во-первых, усложняет обстановку на пожаре, во-вторых, является одной из причин развития пожара. Кроме того, нагрев продуктов горения вызывает движение газовых потоков и все вытекающие из этого последствия (задымление помещений и территории, расположенных около зоны горения и др.).

**Рис. 1.1. Передача тепла на пожаре**

Сколько тепла выделяется в зоне химической реакции горения, столько его и отводится от нее. В качестве пояснения может служить (рис. 1.1).

$$Q_{об} = Q_c + Q_{cp}, \quad (1.10)$$

где  $Q_{об}$  – расход тепла на подготовку горючих веществ к горению;

$Q_{cp}$  – отвод тепла от зоны горения в окружающее пространство.

Для поддержания и продолжения горения требуется незначительная часть тепла. Всего до 3 % выделяющегося тепла путем излучения передается горящим веществам и затрачивается на их разложение и испарение. Именно это количество тепла берут за основу при определении способов и приемов прекращения горения на пожарах и установлении нормативных параметров тушения.

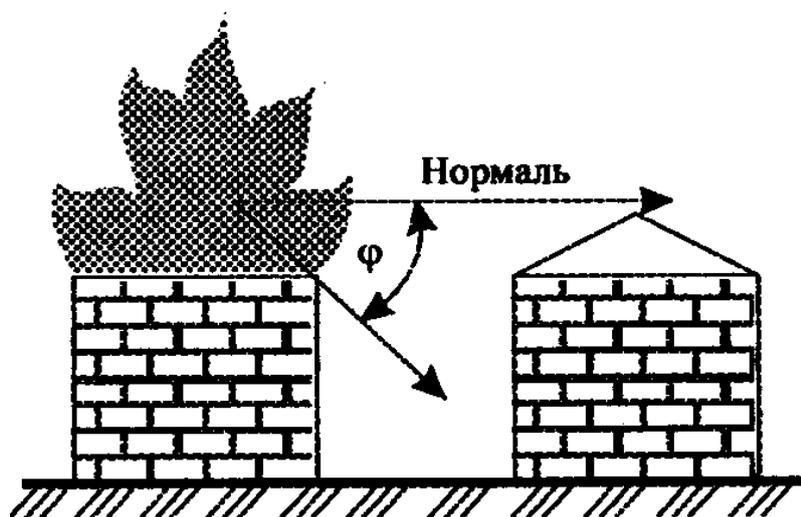
Тепло, передаваемое во внешнюю среду, способствует распространению пожара, вызывает повышение температуры, деформацию конструкций и т. д.

Большая часть тепла на пожарах передается конвекцией. Так, при горении бензина в резервуаре этим способом передается 57–62 % тепла, а при горении штабелей леса 60–70 %.

При отсутствии при слабом ветре большая часть тепла отдается верхним слоям атмосферы. При наличии сильного ветра обстановка усложняется, так как восходящий поток нагретых газов значительно отклоняется от вертикали.

При внутренних пожарах (т. е. пожарах в ограждениях) конвекцией будет передаваться еще большая часть тепла, чем при наружных. При пожарах внутри зданий продукты сгорания, двигаясь по коридорам, лестничным клеткам, шахтам лифтов, вентканалам и т. п., передают тепло встречающимся на их пути материалам, конструкциям и т. д., вызывая их загорание, деформацию, обрушение и пр. Необходимо помнить, чем выше скорость движения конвекционных потоков и чем выше температура нагрева продуктов сгорания, тем больше тепла передается в окружающую среду.

Теплопроводностью при внутренних пожарах тепло передается из горящего помещения в соседние через ограждающие строительные конструкции, металлические трубы, балки и т. п. При пожарах жидкостей в резервуарах тепло этим способом передается нижним слоям, создавая условия для вскипания и выброса темных нефтепродуктов.



**Рис. 1.2.** Направление интенсивности излучения

Передача тепла излучением характерна для наружных пожаров. Причем, чем больше поверхность пламени, тем ниже степень его черноты, чем выше температура горения, тем больше передается тепла этим способом. Мощное излучение происходит при горении газонефтяных фонтанов, ЛВЖ и ГЖ в резервуарах, штабелей лесопиломатериалов и т. д. При этом на значительные расстояния передается от 30 до 40 % тепла.

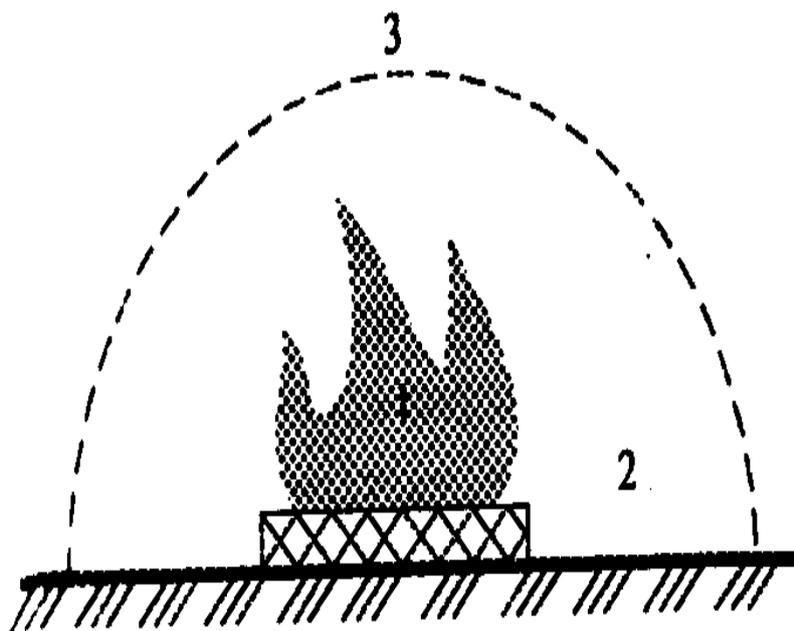
Наиболее интенсивно тепло передается по нормали к факелу пламени, с увеличением угла отклонения от нее интенсивность передачи тепла уменьшается (рис. 1.2).

При пожарах в ограждениях действие излучения ограничивается строительными конструкциями горящих помещений и задымлением как тепловым экраном. В наиболее удаленных от зоны горения участках тепловое воздействие излучение существенного влияния на обстановку пожара не оказывает. Но чем ближе к зоне горения, тем более опасным становится его тепловое воздействие.

Практика показывает, что при температуре, равной 80–100 °С в сухом воздухе и при 50–60 °С во влажном, человек без специальной теплозащиты может находиться лишь считанные минуты. Более высокая температура или длительное пребывание в этой зоне приводит к ожогам, тепловым ударам, потере сознания и даже смертельным исходам.

Падающий тепловой поток зависит от расстояния между факелом пламени и объектом. С этим параметром связаны безопасные условия для облучаемого объекта.

Эти условия могут быть выполнены в случае, когда между излучаемой и облучаемой поверхностями будет такое расстояние, при котором интенсивность облучения объекта или температура на его поверхности не превышала бы допустимых величин (т. е. минимальные  $g_{дон}$  объекта в течение определенного времени, ниже значений которых его воспламенение не происходит) или допустимых значений для данного объекта в течение определенного времени, по истечении которого необходимо обеспечить его защиту.



**Рис. 1.3. Зоны на пожаре:**

- 1 – зона горения;**
- 2 – зона теплового воздействия;**
- 3 – зона задымления.**

Допускаемые плотности теплового потока и температуры для некоторых материалов содержатся в справочной литературе. Например, для человека предельно допустимая интенсивность облучения 1050 Вт/м; предельно допустимая температура нагревания незащищенных поверхностей кожи человека не должна превышать 40 °С.

Для боевой одежды пожарного эти величины соответственно равны 7500 Вт/м и 393 °С и т. д. Процесс теплообмена горячих газов, факела пламени и ограждающих конструкций при пожаре в помещении носит сложный характер и осуществляется одновременно тепловым излучением, конвекцией и теплопроводностью.

На внутренних пожарах направление передачи тепла излучением может не совпадать с передачей тепла конвекцией, поэтому в помещении могут быть участки поверхности ограждающих конструкций, где действует только излучение (как правило, пол и часть поверхности стен, примыкающая к нему), или только конвекция (потолок и часть поверхности стен, примыкающая к нему), или где оба вида тепловых потоков действуют совместно.

### ***Зоны и стадии пожара***

Пространство, в котором развивается пожар, условно подразделяется на три зоны: горения, теплового воздействия и задымления.

Зоной горения называется часть пространства, в котором протекают процессы термического разложения или испарения горючих веществ и материалов (твердых, жидких, газов, паров) в объеме диффузионного факела пламени. Горение может быть пламенным (гомогенным) и беспламенным (гетерогенным). При пламенном горении границами зоны горения являются поверхность горящего материала и тонкий светящийся слой пламени (зона реакции окисления), при беспламенном – раскаленная поверхность горящего вещества.

***Зона теплового воздействия*** примыкает к границам зоны горения. В этой части пространства протекают процессы теплообмена между поверхностью пламени, окружающими ограждающими конструкциями и горючими материалами. Передача теплоты в окружающую среду осуществляется рассмотренными ранее способами: конвекцией, излучением, теплопроводностью. Границы зоны проходят там, где тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов, конструкций и создает невозможные условия для пребывания людей без тепловой защиты.

Под зоной задымления понимается часть пространства, примыкающего к зоне горения, в котором невозможно пребывание людей без защиты органов дыхания и в котором затрудняются боевые действия подразделений пожарной охраны из-за недостатка видимости.

### ***Основные параметры и опасные факторы пожара***

Зоны горения, теплового воздействия, задымления характеризуются соответствующими параметрами и опасными факторами, которые в совокупности определяют обстановку на пожаре, учитываются при ее оценке и организации боевых действий подразделений пожарной охраны.

Опасными факторами пожара (ОФП) считаются те, воздействия которые приводят к травме, отравлению или гибели людей, а также к материальному ущербу.

### ***Управление газообменом при тушении пожаров в зданиях***

Управление газовым обменом в условиях тушения пожара является важным оперативно-тактическим действием. Например, чем ниже располагается плоскость равных давлений (нейтральная зона), тем больший объем займет зона задымления, возникнет наибольшая вероятность задымления смежных помещений и распространения пожара в них через существующие проемы. Обстановка на пожаре в таких условиях существенно усложняется, опасность для жизни людей возрастает и сковываются боевые действия подразделений пожарной охраны.

Поднятие нейтральной зоны выше приточных проемов предотвращает распространение продуктов сгорания, дыма и пожара в смежные помещения, снижает опасность для жизни людей, создает более благоприятные условия для осуществления боевых действий по тушению пожара. Изменением направления движения газообразных с обеспечивается безопасность людей, находящихся в здании, создаются необходимые условия для эвакуации или спасения, сдерживания скорости распространения горения, защиты негорящих помещений и материальных ценностей.

В процессе тушения пожаров управление газовым обменом осуществляется путем: усиления аэрации вскрытием существующих в здании проемов и ограждающих конструкций, усиления движения газообразных масс с помощью стационарных и передвижных дымоудаляющих установок (дымососов); уменьшения плотности дыма и охлаждения его тонкораспыленной водой с целью осаждения твердых частиц и снижения температуры; вытеснения дыма из помещений пеной средней или высокой кратности; изменения площади приточных и вытяжных проемов, а также их состояния установкой перемычек и герметизацией.

Нейтральная зона располагается ближе к проемам, имеющим большую площадь. Следовательно, в условиях тушения пожара поднятие ее и удаление из помещений дыма осуществляют вскрытием существующих в здании верхних или созданием в ограждающих конструкциях новых проемов.

При этом суммарная площадь верхних (вытяжных) проемов должна превышать площадь нижних отверстий, работающих на приток воздуха. В боевой обстановке увеличение площади верхних проемов тем вскрытия или уменьшения нижних путем их перекрытия производят по визуальному наблюдению поднятия уровня задымления выше нижних проемов (отверстий), через которые осуществляется приток воздуха в помещения и вводятся средства тушения.

Наиболее рациональными соотношениями  $S_{\text{н}}/S_{\text{в}}$  являются:

помещений высотой до 3 м - 0,4 - 0,5, а для помещений высотой более 3 м - 0,7 - 1,0. При таких соотношениях суммарных площадей нижних и верхних проемов нейтральная зона будет находиться уровнях, при которых создаются более благоприятные условия осуществления боевых действий на пожаре.

Если по обстановке на пожаре требуется ввод сил и средств через дополнительные нижние проемы, необходимо пропорционально увеличить площадь и верхних проемов, через которые удаляются продукты сгорания. В этом случае положение нейтральной зоны изменится.

В помещениях небольшой высоты для поднятия нейтральной зоны и удаления продуктов сгорания вскрывают, как правило окна. Вскрытие следует производить в верхней части, а не по площади окна.

При управлении газообменом большое практическое значение имеет применение дымососов и специальной вентиляции. С помощью этих установок снижаются плотность дыма и концентрация продуктов сгорания (до величин, позволяющих работать в помещениях без изолирующих аппаратов); уменьшается температура в помещении изменяется направление движения продуктов сгорания, увеличивается видимость и т. д. Дымососы можно устанавливать для удаления продуктов сгорания и подачи воздуха в помещение с одновременным вводом к очагу горения средств тушения.

### *Периоды (промежутки) развития пожара*

*Развитие пожара* - это изменение его параметров во времени и в пространстве от начала возникновения до полной ликвидации горения. В развитии пожара различают три периода (промежутка):

свободного развития  $\tau_{св}$ , локализации  $\tau_{лок}$  и ликвидации  $\tau_{лик}$  пожара (рис. 1.3).

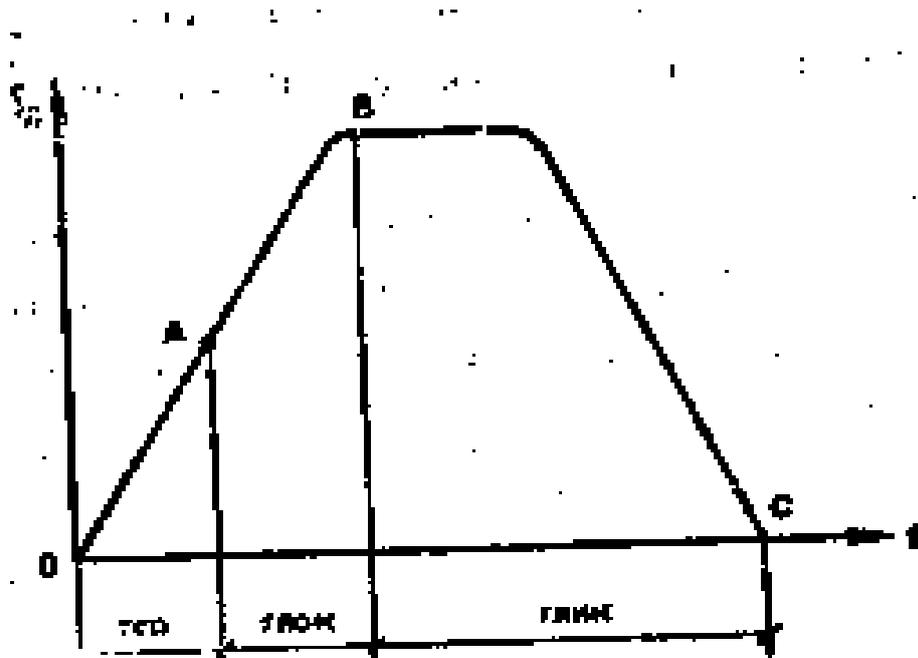


Рис. 1.3. График развития пожара

А - начало подачи огнетушащих средств;

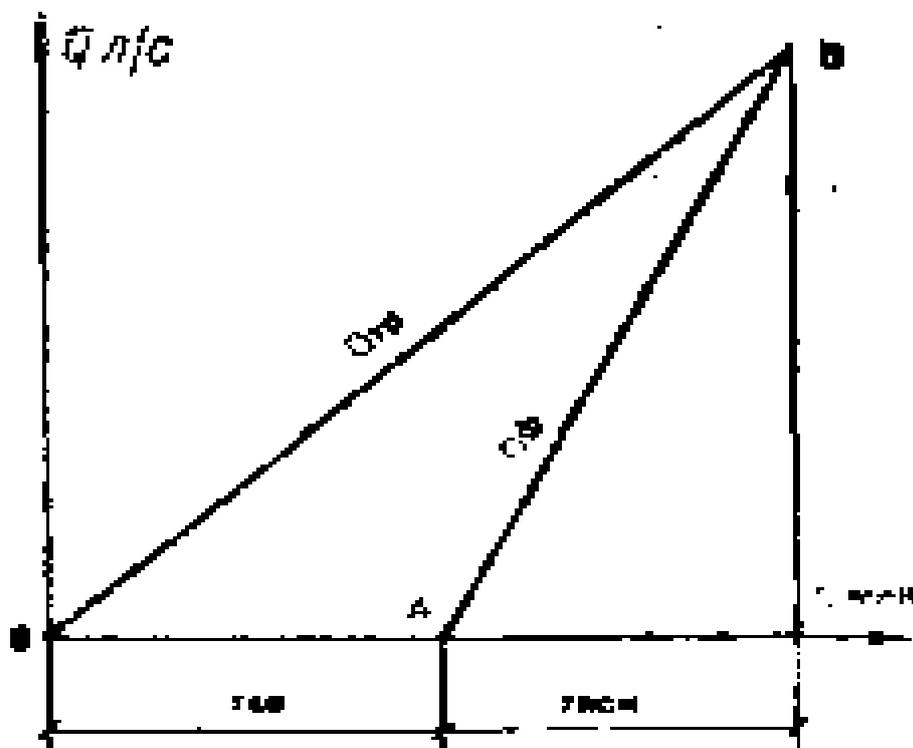
В - момент локализации пожара;

С - момент ликвидации пожара.

В первый период развитие пожара происходит беспрепятственно от начала его возникновения до принятия начальных мер по тушению (подачи первого ствола и других средств ликвидации горения). Этот период характеризуется ростом площади пожара (см. рис.1.3), выгоранием пожарной нагрузки, нагревом строительных конструкций, их обрушением, возможностью взрывов и других опасных факторов.

Во второй период пожар развивается до момента ограничения распространения горения по площади сосредоточенными силами, средствами и исключения опасных ситуаций (см. рис.1.3).

Этот период характеризуется дальнейшим увеличением площади пожара, сокращением скорости распространения горения за счет введенных средств тушения, выгоранием пожарной нагрузки на участках свободного горения и тления, а также другими явлениями и опасными факторами.



**Рис. 1.4. График локализации пожара**

**А** - начало подачи огнетушащих средств;

**В** - момент локализации пожара

При горении нефтепродуктов в резервуарах опасными факторами пожара являются вскипание и выбросы. Вскипание нефтепродукта происходит из-за наличия в жидкости мелких капель воды, обводнением жидкости во время тушения пожара водой и пенами, прогревом нефтепродукта в процессе горения до температуры выше  $100^{\circ}\text{C}$ .

Вскипание сопровождается переливом вспенившейся массы продукта через борт резервуара вследствие увеличения ее объема в 4 - 5 раз по отношению к объему нагретой жидкости. Выбросы происходят при наличии под слоем нефтепродукта на дне резервуара воды (водяная подушка). Нефтепродукт состоит из смеси легких и тяжелых компонентов (т. е. неоднороден), жидкость прогревается вглубь до слоя воды, температура прогретого слоя нефтепродукта на границе с водяной подушкой значительно превышает  $100^{\circ}\text{C}$  и давление паров на границе с водяной подушкой превышает гидростатическое давление столба жидкости в резервуаре.

Для оценки обстановки на пожаре важно знать характерные явления, которые предшествуют вскипанию и выбросу. Ими являются:

усиление шума процесса горения, вызванное бурным кипением жидкости;  
дрожание металлических стенок резервуара;  
уменьшение дыма и посветление пламени (по сравнению с обычным горением);  
образование вытянутых языков пламени в виде огненных стрел.

Продолжительность периода локализации зависит от быстроты проведения разведки пожара, оценки обстановки, скорости сосредоточения фактического расхода огнетушащих средств ( $Q_{\text{ф}} < Q_{\text{тр}}$ , рис. 1.4), тактически грамотного управления боевыми действиями подразделений, участвующих в тушении пожара, и других факторов. Практически определить это время до пожара невозможно. Реально его можно рассчитать в процессе тушения и исследования потушенных пожаров.

В третий период (период ликвидации) площадь пожара сокращается (см. рис. 1.3), но развитие его не приостанавливается до момента полного прекращения горения на всех поверхностях пожарной нагрузки, охваченных огнем, и исключения возможности повторного возобновления горения в этих местах.

Выявить продолжительность третьего периода до пожара (например, при разработке оперативных документов по пожаротушению, тактического замысла для проведения занятий и др.) практически невозможно.

При ориентировочном определении времени ликвидации пожара следует учитывать данные анализа потушенных пожаров, оперативно-тактическую характеристику конкретного объекта, тактические возможности пожарных подразделений, уровень их боеготовности, практический опыт тушения пожаров на характерных объектах и другие показатели.

### ***Условия прекращения горения***

При горении в зоне реакции (тонкий светящийся слой пламени) выделяется теплота  $Q$ . Часть этого тепла передается внутрь зоны горения  $Q_{\text{г}}$ , а другая - в окружающую среду  $Q_{\text{ср}}$ . Внутри зоны горения теплота расходуется на нагрев горючей системы, способствует продолжению процесса горения, а в окружающей среде тепловые потоки воздействуют на горючие материалы, конструкции и при определенных условиях могут вызвать воспламенение их или деформацию.

При установившемся горении в зоне реакции существует тепловое равновесие, которое выражается формулой:

$$Q = Q_{\text{г}} + Q_{\text{ср}} \quad (2.1)$$

$Q$  - общее количество теплоты, выделенной в зоне реакции горения, кДж.

Каждому тепловому равновесию соответствует определенная температура горения  $T_{\text{г}}$ , которая иначе называется температурой ***теплового равновесия***. При этом состоянии скорость тепловыделения равна скорости теплоотдачи. Данная температура не является постоянной, она изменяется с изменением скоростей тепловыделения и теплоотдачи.

Задача подразделений пожарной охраны заключается в том, чтобы конкретными действиями добиться такого понижения температуры в зоне реакции, при которой горение прекратится. Абсолютный предел такой температуры называется ***температурой потухания***.

В процессе тушения пожара условия потухания создаются:  
*охлаждением* зоны горения или горящего вещества;  
*изоляцией* реагирующих веществ от зоны горения;  
*разбавлением* реагирующих веществ; *химическим торможением* реакции горения.

В практике тушения пожаров чаще всего используют сочетание приведенных принципов, среди которых один является в ликвидации горения доминирующим, а остальные способствующими.

*Вид и характер выполнения боевых действий в определенной последовательности*, направленных на создание условия прекращения горения, называют способом тушения пожара. Способы тушения пожаров по принципу, на котором основано условие прекращения горения, подразделяются на четыре группы (рис. 2.1):

1) способы, основанные на принципе охлаждения зоны горения или горящего вещества;

2) способы, основанные на принципе изоляции реагирующих веществ от зоны горения;

3) способы, основанные на принципе разбавления реагирующих веществ;

4) способы, основанные на принципе химического торможения реакции горения.

Приемы ограничения распространения горения (локализации пожара) подразделяют также на четыре группы, основные из которых приведены на рис. 2.2.

СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ											
СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ			СПОСОБЫ ИЗОЛЯЦИИ				СПОСОБЫ РАЗБАВЛЕНИЯ			СПОСОБЫ ХИМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ РЕАКЦИИ	
СПЛОШНЫМИ СТРУЯМИ ВОДЫ			СЛОЕМ ПЕНЫ				СТРУЯМИ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ			ОГНЕТУШАЩИМ ПОРОШКОМ	
РАСПЫЛЕННЫМИ СТРУЯМИ ВОДЫ			СЛОЕМ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА ВВ				ГАЗОВОДЯНЫМИ СТРУЯМИ ОТ АГВТ			ГАЛОИДОУГЛЕВОДАМИ	
ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ			СОЗДАНИЕМ РАЗРЫВА В ГОРЮЧЕМ ВЕЩЕСТВЕ				НЕГОРЮЧИМИ ПАРАМИ И ГАЗАМИ				
			СЛОЕМ ОГНЕТУШАЩЕГО ПОРОШКА				ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ВОДОЙ				
			ОГНЕЗАЩИТНЫМИ ПОЛОСАМИ								

Рис. 2.1. Способы тушения пожаров.

ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОРЕНИЯ НА ПОЖАРЕ											
ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ОГНЕТУШАЩИМИ СРЕДСТВАМИ			ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ СОЗДАНИЯ ОГРАЖДЕНИЙ				ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ СОЗДАНИЯ РАЗРЫВОВ			ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ГАЗООБМЕНА	
СОЗДАНИЕМ ПОЛОСЫ ТУШЕНИЯ			БОННЫМИ ОГРАЖДЕНИЯМИ				РАЗРЫВОМ, СОЗДАВАЕМЫМ ОТЖИГОМ			ДЫМОСОСАМИ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ УСТАНОВКАМИ	
СОЗДАНИЕМ ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ			ЗЕМЛЯНЫМ ВАЛОМ ИЛИ СТЕНОЙ				РАЗРЫВОМ, СОЗДАВАЕМЫМ АЗБОРКОЙ (ВЫЕМКОЙ) ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА			ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ОТВЕРСТИЙ В ОГРАЖДЕНИЯХ И КОНСТРУКЦИЯХ	
			ПУТЕМ ЗАКРЫТИЯ АРМАТУРЫ И СОЗДАНИЕМ ГИДРОЗАТВОРОВ				РАЗРЫВОМ, СОЗДАВАЕМЫМ ВВ				
			ТВЕРДЫМИ ЭКРАНАМИ				ВЫТЕСНЕНИЕМ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ ИЗ АППАРАТОВ				

### ***Огнетушащие средства***

Огнетушащие средства по доминирующему принципу прекращения горения подразделяются на четыре группы: охлаждающего, изолирующего, разбавляющего и ингибирующего действия.

Наиболее распространенные огнетушащие средства, относящиеся к конкретным принципам прекращения горения, приведены ниже.

### ***Огнетушащие средства, применяемые для тушения пожаров.***

Огнетушащие средства охлаждения	Вода, раствор воды со смачивателем, твердый диоксид углерода (углекислота в снегообразном виде), водные растворы солей.
Огнетушащие средства изоляции	Огнетушащие пены: химическая, воздушно-механическая; огнетушащие порошковые составы (ОПС); ПС, ПСБ-3, СИ-2, П-1А; негорючие сыпучие вещества: песок, земля, шлаки, флюсы, графит; листовые материалы, покрывала, щиты.
Огнетушащие средства разбавления	Инертные газы: диоксид углерода, азот, аргон, дымовые газы, водяной пар, тонкораспыленная вода, газодымные смеси, продукты взрыва ВВ, летучие ингибиторы, образующиеся при разложении галоидоуглеродов.
Огнетушащие средства химического торможения реакции горения	галоидоуглеводороды бромистый этил, хладоны 114В2 (тетрафтордибромэтан) и 13В1 (трифторбромэтан); составы на основе галоидоуглеводородов 3,5; 4НД; 7; БМ, БФ-1, БФ-2; водобромэтиловые растворы (эмульсии); огнетушащие порошковые составы.

### **Вода.**

Удельная теплоемкость, равная 4,19 Дж/(кг×град), придает воде хорошие охлаждающие свойства. В условиях тушения пожара превращаясь в пар (из 1 л образуется 1700 л пара), вода разбавляет реагирующие вещества.

Высокая теплота парообразования воды (2236 кДж/кг) позволяет отнимать большое количество тепла в процессе тушения пожара. Низкая теплопроводность способствует созданию на поверхности горящего материала надежной тепловой изоляции.

Значительная термическая стойкость воды (она разлагается на кислород и водород при температуре 1700 °С) способствует тушению большинства твердых материалов, а способность растворять некоторые жидкости (спирты, ацетон, альдегиды, органические кислоты) позволяет разбавлять их до негорючих концентраций.

Вода растворяет некоторые пары и газы, поглощает аэрозоли. Она доступна для целей пожаротушения, экономически целесообразна, инертна по отношению к большинству веществ и материалов, имеет незначительную вязкость и несжимаемость.

При тушении пожаров воду используют в виде компактных, распыленных и тонкораспыленных струй. Однако вода характеризуется и отрицательными свойствами: электропроводна (см. гл. 8), имеет большую плотность (не применяется для тушения нефтепродуктов как основное огнетушащее средство), способна вступать в реакцию с некоторыми веществами и бурно реагировать с ними (см. ниже), имеет низкий коэффициент использования в виде компактных струй, сравнительно высокую температуру замерзания (затрудняется тушение в зимнее время) и высокое поверхностное натяжение  $-72,8 \times 10^3$  Дж/м<sup>2</sup> (является показателем низкой смачивающей способности воды).

#### **Вода со смачивателем.**

Добавка смачивателей позволяет значительно снизить поверхностное натяжение воды (до  $36,4 \times 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>). В таком виде она обладает хорошей проникающей способностью, за счет чего достигается наибольший эффект в тушении пожаров, особенно при горении волокнистых материалов, торфа, саж. Водные растворы смачивателей позволяют уменьшить расход воды на 30...50%, а также продолжительность тушения пожара. Виды смачивателей и их оптимальная концентрация приведены в табл. 2.1.

**Твердый диоксид углерода** (углекислота в снегообразном виде) тяжелее воздуха в 1,53 раза, без запаха, плотность 1,97 кг/м<sup>3</sup>. При нагревании переходит в газообразное вещество, минуя жидкую фазу, что позволяет применять его для тушения материалов, которые портятся при смачивании (из 1 кг углекислоты образуется 500 газа). Теплота испарения при  $-78,5$  °С составляет 572,75 Дж/кг. Неэлектропроводен, не взаимодействует с горючими веществами материалами.

Твердый диоксид углерода имеет широкую область применения. Не используют его для тушения загоревшихся магния и его сплавов, металлического натрия и калия, так как при этом происходит разложение углекислоты с выделением атомарного кислорода. Твердый диоксид углерода используют при тушении горящих электроустановок, двигателей, при пожарах в архивах, музеях, выставках и других местах с наличием особых ценностей.

**Диоксид углерода в состоянии аэрозоля** образуется при выпуске из изотермической емкости в атмосферу сжиженного диоксида углерода. После дросселирования (вытекания из насадка ствола) имеет устойчивое состояние, 1 кг аэрозоля при нагревании до 20 °С может поглотить 389,37 кДж теплоты, что эквивалентно охлаждению 5 кг воздуха от 100 до 20 °С.

Аэрозоль хорошо проникает в мелкие поры и глубокие трещины, может быть эффективно использован при тушении древесины, ткани, бумаги, волокнистых материалов при открытом и скрытом горении, а также пожаров в подвалах, кабельных туннелях, в помещениях с наличием электроустановок, музеев, картинных галерей, книгохранилищ и других объектах.

**Химическая пена** получается в пеногенераторах путем смешения пеногенераторных порошков и в огнетушителях при взаимодействии щелочного и кислотного растворов. Состоит из углекислого газа (80% об.), воды (19,7%), пенообразующего вещества (0,3%).

Обладает высокой стойкостью и эффективностью в тушении многих пожаров. Однако вследствие электропроводности и химической активности химическую пену не применяют для тушения электро- и радиоустановок, электронной техники, двигателей различного назначения, других аппаратов и агрегатов.

**Воздушно-механическая пена (ВМП)** получается смешением в пенных стволах или генераторах водного раствора пенообразователя с воздухом. Краткая характеристика пенообразователей приведена ниже. Пена бывает низкой кратности ( $K < 10$ ), средней ( $10 < K < 200$ ) и высокой ( $K > 200$ ).

ВМП обладает необходимой стойкостью, дисперсностью, вязкостью, охлаждающими и изолирующими свойствами, которые позволяют использовать ее для тушения твердых материалов, жидких веществ и осуществления защитных действий, для тушения пожаров по поверхности и объемного заполнения горящих помещений (пена средней и высокой кратности). Для подачи пены низкой кратности применяют воздушно-пенные стволы СВП (СВПЭ), а для подачи пены средней и высокой кратности - пеногенераторы ГПС.

Пена средней кратности на основе ПО-1С, применяемая для тушения этилового спирта, эффективна при разбавлении его водой в емкости до 70%, а при использовании ПО-1, ПО-1Д, ПО-2А, ПО-3А, ПО-6К и других - до 50%. ВМП менее электропроводна, чем химическая пена, и более электропроводна, чем вода. Поэтому тушение ею электроустановок с помощью ручных средств может производиться после их обесточивания.

**Огнетушащие порошковые составы (ОПС)** являются универсальными и эффективными средствами тушения пожаров при сравнительно незначительных удельных расходах. ОПС применяют для тушения горючих материалов и веществ любого агрегатного состояния, электроустановок под напряжением, металлов, в том числе металлоорганических и других пирофорных соединений, не поддавшихся тушению водой и пенами, а также пожаров при значительных минусовых температурах. Они способны оказывать эффективные действия на подавление пламени комбинированно: охлаждением (отнятием теплоты), изоляцией (за счет образования пленки при плавлении), разбавлением газообразными продуктами разложения порошка или порошковым облаком, химическим торможением реакции горения.

Основным недостатком ОПС является склонность их к слеживанию и комкованию. Из-за большой дисперсности ОПС образуют значительное количество пыли, что обуславливает необходимость работы в специальной одежде, а также с предохранительными для органов дыхания и зрения средствами.

**Диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ )**. Горение большинства веществ по принципу разбавления прекращается при снижении содержания кислорода в окружающей среде до концентрации, при которой горение становится невозможным. Исключение составляют вещества, в составе которых содержится такое количество кислорода, которого достаточно для поддержания горения даже без доступа воздуха (например, хлопок). Предельная концентрация кислорода, при которой прекращается горение различных веществ, приведена в табл. 2.3.

Диоксид углерода в газообразном состоянии тяжелее воздуха примерно в 1,5 раза. При температуре 0°С и давлении около 4,0 МПа (40 атм) переходит в жидкое состояние. В таком виде его хранят в баллонах и огнетушителях. В процессе дросселирования способен образовывать хлопья “снега”. Не поддерживает горения большинства веществ, но и не тушит тлеющие материалы. Используют в стационарных установках, ручных (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) и передвижных (УП-2М) огнетушителях. Применяют для объемного тушения пожаров в помещениях, пустотах конструкций, а также для защиты свободных объемов с целью предупреждения взрывов.

При тушении пожаров большинства веществ огнетушащую концентрацию принимают 30 % по объему или 0,637 кг/м<sup>3</sup> для помещений с производством категории **В** и 0,768 кг/м<sup>3</sup> для помещений с производством категорий **А** и **Б**.

**Азот N<sub>2</sub>**. Негорюч и не поддерживает горения большинства органических веществ. Плотность при нормальных условиях 1,25 кг/м<sup>3</sup>, в жидкой фазе (при температуре -196 °С) – 808 кг/м<sup>3</sup>. Хранят и транспортируют в баллонах в сжатом состоянии. Используют в стационарных установках. Применяют для тушения натрия, калия, бериллия, кальция и других металлов, которые горят в атмосфере диоксида углерода, а также пожаров в технологических аппаратах и электроустановках.

Расчетная огнетушащая концентрация - 40 % по объему. Азот нельзя применять для тушения магния, алюминия, лития, циркония и некоторые другие металлов, способных образовывать нитриды, обладающих свойствами и чувствительных к удару. Для их тушения используют инертный газ **аргон**.

#### **Водяной пар.**

Эффективность тушения невысоки, поэтому применяют для защиты закрытых технологических аппаратов и помещений объемом до 500 м<sup>3</sup> (трюмы судов, трубчатые печи нефтехимических предприятий, насосные по перекачке нефтепродуктов, сушильные и окрасочные камеры), для тушения небольших пожаров на открытых площадках и создания завес вокруг защищаемых объектов. Огнетушащая концентрация - 35 % по объему.

**Тонкораспыленная вода** (размеры капель менее 100 мк) получается с помощью специальной аппаратуры: стволов-распылителей, гидротрансформаторов, работающих при высоком напоре (200 - 300 м). Струи воды имеют небольшую величину ударной силы и дальность полета, однако орошают значительную поверхность, более благоприятны к испарению воды, обладают повышенным охлаждающим эффектом, хорошо разбавляют горючую среду. Они позволяют не увлажнять излишне материалы при их тушении, способствуют быстрому снижению температуры, осаждению дыма. Тонкораспыленную воду используют не только для тушения горящих твердых материалов, нефтепродуктов, но и для защитных действий.

**Галоидоуглеводороды и составы на их основе** (огнетушащие средства химического торможения реакции горения) эффективно подавляют горение газообразных, жидких, твердых горючих веществ и материалов при любых видах пожаров. По эффективности они превышают инертные газы в 10 и более раз.

Галоидоуглеводороды и составы на их основе являются летучими соединениями, представляют собой газы или легкоиспаряющиеся жидкости, которые плохо растворяются в воде, но хорошо смешиваются со многими органическими веществами. Они обладают хорошей смачивающей способностью, неэлектропроводны, имеют высокую плотность в жидком и газообразном состоянии, что обеспечивает возможность образования струи, проникновения в пламя, а также удержания паров около очага горения.

Эти огнетушащие вещества можно применять для поверхностного, объемного и локального тушения пожаров. С большим эффектом их можно использовать при ликвидации горения волокнистых материалов, электроустановок и оборудования, находящихся под напряжением; для защиты от пожаров транспортных средств, машинных отделений судов, вычислительных центров, особо опасных цехов химических предприятий, окрасочных камер, сушилок, складов с горючими жидкостями, архивов, музейных залов, других объектов особой ценности, повышенной пожаро- и взрывоопасности. Галоидоуглеводороды и составы на их основе практически можно использовать при любых отрицательных температурах.

Недостатками этих огнетушащих средств являются:

коррозионная активность, токсичность;

их нельзя применять для тушения материалов, содержащих в своем составе кислород, а также металлов, некоторых гидридов металлов и многих металлоорганических соединений.

Хладоны не ингибируют горение и в тех случаях, когда в качестве окислителя участвуют не кислород, а другие вещества (например, оксиды азота). Кроме того, некоторые галоидоуглеводороды неприменимы в чистом виде. Например, бромистый этил при концентрации 6,5 - 11,3% может воспламениться от мощного источника теплоты. Однако вследствие высоких качеств он является основным компонентом в огнетушащих составах.

Несмотря на большую эффективность, область применения галоидоуглеводородов и составов на их основе ограничена из-за высокой стоимости. В основном их используют в стационарных установках и огнетушителях предназначенных для защиты объектов, представляющих особую важность.

#### **Интенсивность подачи огнетушащих средств.**

В практических расчетах количество огнетушащих средств, требуемых для прекращения горения, определяют по интенсивности их подачи. Интенсивностью подачи называется количество огнетушащего средства, подаваемого в единицу времени на единицу соответствующего геометрического параметра пожара (площади, объема, периметра или фронта).

#### **Расход огнетушащего средства и время тушения пожара**

Различают несколько видов расхода огнетушащего средства; **требуемый, фактический** и **общий**, которые приходится определять при решении практических задач по пожаротушению.

**Требуемый расход** - это весовое или объемное количество огнетушащего средства, подаваемого в единицу времени на величину соответствующего параметра тушения пожара или защиты объекта, которому угрожает опасность.

**Фактический расход** - это весовое или объемное количество огнетушащего средства, фактически подаваемого в единицу времени на величину соответствующего параметра тушения пожара или защиты объекта, которому угрожает опасность.

**Общий расход** - это весовое или объемное количество огнетушащего средства, необходимого на весь период прекращения горения и защиты негорящих объектов с учетом запаса (резерва). По общему расходу определяют необходимое количество огнетушащих средств на ликвидацию пожара, проверяют обеспеченность объекта водой при наличии пожарных водоемов, разрабатывают соответствующие мероприятия по организации тушения пожара.

### ***Классификация огнетушащих веществ, способов и приемов прекращения горения***

Под огнетушащими веществами в пожарной тактике понимаются такие вещества, которые непосредственно воздействуют на процесс горения и создают условия для его прекращения (вода, пена и др.).

Огнетушащих веществ в природе много. Кроме того, современная технология позволяет получать такие огнетушащие вещества, которых нет в природе. Однако не все огнетушащие вещества принимаются на вооружение пожарных подразделений, а лишь те, которые отвечают определенным требованиям. Они должны:

- обладать высоким эффектом тушения при сравнительно малом расходе;
- быть доступными, дешевыми и простыми в применении;
- не оказывать вредного действия при их применении на людей и материалы, быть экологически чистыми.

По основному (доминирующему) признаку прекращения горения огнетушащие вещества подразделяются на:

- охлаждающего действия (вода, твердый диоксид углерода и др.);
- разбавляющего действия (негорючие газы, водяной пар, тонкораспыленная вода и т.п.);
- изолирующего действия (воздушно-механическая пена различной кратности, сыпучие негорючие материалы и пр.);
- ингибирующего действия (галоидированные углеводороды: бромистый метилен, бромистый этил, тетрафтордибромэтан, огнетушащие составы на их основе и др.).

Однако следует отметить, что все огнетушащие вещества, поступая в зону горения, прекращают горение комплексно, а не избирательно, т. е. вода, являясь огнетушащим средством охлаждения, попадая на поверхность горящего материала, частично будет действовать как вещество разбавляющего и изолирующего действия. Более подробно механизмы прекращения горения водой и другими огнетушащими веществами будут рассмотрены ниже.

В зависимости от основного процесса, приводящего к прекращению горения, способы тушения можно разделить на четыре группы:

- охлаждения зоны горения или горящего вещества;
- разбавления реагирующих веществ;
- изоляции реагирующих веществ от зоны горения;
- химического торможения реакции горения.

Способы прекращения горения, основанные на принципе охлаждения реагирующих веществ или горящих материалов, заключаются в воздействии на них охлаждающими огнетушащими веществами; основанные на изоляции реагирующих веществ от зоны горения – в создании между зоной горения и горючим материалом или окислителем изолирующего слоя из огнетушащих материалов и веществ; основанные на разбавлении реагирующих веществ или химическом торможении реакции горения – в создании в зоне горения или вокруг нее негорючей газовой или паровой среды.