

Глава 1. Основы пожарной тактики.

Глава 1. Пожар и его развитие.

Пожар и его развитие.

Пожар – комплекс физико-химических явлений, в основе которых лежат нестационарные (изменяющиеся во времени и пространстве) процессы горения, тепло - и массообмена.

Пожаром считается неконтролируемое горение, приводящее к ущербу.

Развернутое определение: **“Пожаром называется процесс горения, возникший произвольно (или по злому умыслу), который будет развиваться, и продолжаться до тех пор, пока либо не выгорят все горючие вещества и материалы, либо не возникнут условия, приводящие к самопотуханию (случай весьма редкий, но возможный), либо пока не будут приняты активные специальные меры по его локализации и тушению”.**

Из этого определения можно сделать три вывода:

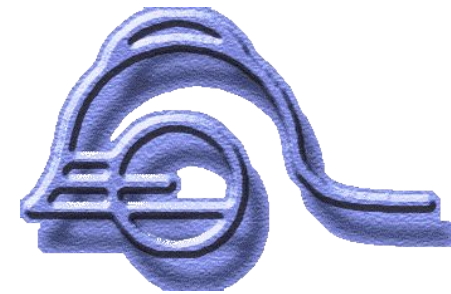
- 1. Горение есть главный и основной процесс на пожаре**, так как без горения никакой пожар невозможен. С точки зрения пожарного специалиста горением называется сложный физико-химический процесс **превращения горючих веществ и материалов в продукты сгорания**, сопровождаемый интенсивным выделением **тепла, дыма и световым излучением**, структурными изменениями, в основе которых лежат быстротекущие химические реакции окисления в атмосфере кислорода воздуха.
2. Особенности горения на пожаре от других видов горения являются: склонность к самопроизвольному **распространению огня до максимальных размеров**, сравнительно невысокая степень полноты сгорания, интенсивное **выделение дыма**, содержащего продукты полного и неполного окисления.
3. Поскольку процесс горения возникает произвольно или по злому умыслу, то никакие

- 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).

Классификация пожаров

- 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.

Условия возникновения и развития пожара



Классы пожаров

| Класс | Характеристика класс | Подкласс | Характеристика подкласса |
|-------|--|----------|---|
| А | Горение твердых веществ | А1 | сопровожаемое тлением (древесина, бумага, текстиль) |
| | | А2 | без тления (пластмасса, каучук) |
| В | Горение жидких веществ | В1 | Нерастворимых в воде (бензин, нефтепродукты и др.) |
| | | В2 | растворимых в воде (спирты, ацетон и др.) |
| С | Горение газов | - | бытовой газ, водород, аммиак, пропан и др. |
| D | Горение металлов и металлосодержащих веществ | D1 | легких металлов (Al , Mg и их сплавов) |
| | | D2 | щелочных металлов |
| | | D3 | металлосодержащих веществ (металлоорганика, гидриды металлов и др.) |
| (E) | Горение электроустановок | - | электроизоляционные материалы оборудования под напряжением |

Классификация пожаров

- 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.

Классификация пожаров

- 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.

Стадии развития пожара, характеризующие его динамику.

Оценивая динамику развития пожара можно выделить несколько его основных фаз:

- ❖ **1 фаза (до 10 мин)** – начальная стадия, включающая переход возгорания в пожар за время примерно в 1-3 минуты и рост зоны горения в течение 5-6 минут.

При этом происходит преимущественно линейное распространение огня вдоль горючих веществ и материалов, что сопровождается обильным дымовыделением.

На этой фазе очень важно обеспечить изоляцию помещения от поступления наружного воздуха, т.к. в некоторых случаях в герметичном помещении наступает самозатухание пожара.

- ❖ **2 фаза** – стадия объемного развития пожара, занимающая по времени 30-40 минут. Характеризуется бурным процессом горения с переходом в объемное горение, процесс распространения пламени происходит дистанционно за счет передачи энергии горения на другие материалы.

Через 15-20 минут происходит разрушение остекления, резко увеличивается приток кислорода, достигают максимальных значений температура (до 800-900оС) и скорость выгорания.

Стабилизация пожара при максимальных его значениях происходит на 20-25 минуте и продолжается еще 20-30 минут, при этом выгорает основная масса горючих материалов.

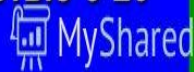
- ❖ **3 фаза** – стадия затухания пожара, т.е. догорание в виде медленного тления, после чего пожар прекращается.

Процессы развития пожара можно разделить на несколько характерных фаз.



Фазы развития пожара

- 1 фаза (10 мин) – начальная стадия
- – переход возгорания в пожар (1–3 мин) и рост зоны горения (5–6 мин).
- Пожар в течение 10-15 минут развивается линейно вдоль горючих материалов.
- Температура доходит до 250 – 300°C.
- Обильное выделение дыма.
- Дым распространяется со скоростью 6-20 м/мин.



- В I фазе пожара при повышении среднеобъемной температуре до 200°C и более расход приточного воздуха увеличивается, а затем постепенно снижается.
- Одновременно понижается уровень нейтральной зоны (плоскости равных давлений), сокращается площадь приточной части проемов в ограждениях и, соответственно, увеличивается площадь вытяжной части.
- С такой же примерно скоростью снижается уровень объемной доли кислорода, поступающего в зону горения (до 8 %), и повышается объемная доля диоксида углерода в уходящих газах (до 13 %). Этот процесс объясняется тем, что при температуре 150-200°C бурно проходят экзотермические реакции разложения горючих материалов, растет скорость их выгорания под влиянием теплоты, выделяющейся на пожаре.
- При пожаре в помещении нагрев горючих материалов и ограждающих конструкций происходит как конвективным, так и лучистым теплообменом. При открытых пожарах теплота в окружающую среду передается излучением.
- Независимо от механизма передачи теплоты продолжительность I фазы пожара полностью зависит от скорости выгорания материалов и скорости распространения пламени. В зависимости от условий газообмена, состава и способа распределения пожарной нагрузки в помещении или на открытом пространстве, время развития пожара в I фазе колеблется от 2 до 30 % общей его продолжительности.
- К концу I фазы пожара резко возрастает температура в зоне горения, пламя распространяется на большую часть горючих материалов и конструкций, стремительно увеличивается высота факела, значительно уменьшается концентрация кислорода и соответственно увеличивается концентрации оксида и диоксида углерода.



Вторая фаза пожара

Стадия объемного развития пожара.
(30–40 минут).

Этот этап самый сложный с точки зрения
как тушения, так и спасания людей.

Температура 500 – 600 °С.

Максимальная скорость выгорания
за 10 –12 мин.



- Затем начинается второй этап развития пожара (II фаза пожара).
- Весь описанный выше процесс повторяется, но уже с большей интенсивностью.
- Начинается III этап пожара - бурный процесс нарастания всех рассмотренных выше параметров.
- Среднеобъемная температура в помещении поднимается до 250 - 300°С. Начинается так называемая стадия объемного развития пожара, когда пламя заполняет практически весь объем помещения



Третья фаза пожара

- Затухающая фаза пожара.
- Догорание в виде медленного тления

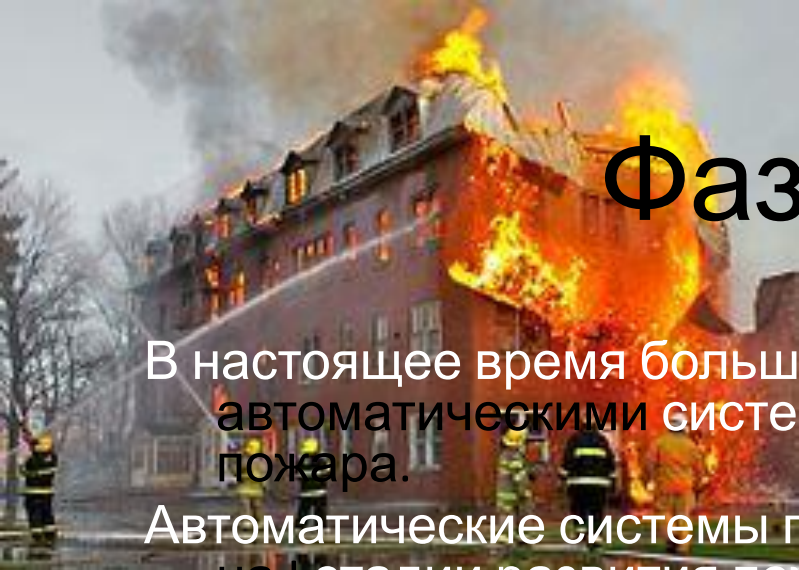
MyShared

Затем (при условии свободного развития пожара) начинает постепенно наступать **VI фаза** пожара, характерная постепенным снижением его интенсивности, так как основная часть пожарной нагрузки уже выгорела.

Наступает VII стадия пожара - догорание в виде медленного тления, после чего через некоторое, иногда весьма продолжительное время, пожар догорает и прекращается.

Фазы пожара

- Начинается "объемная фаза" развития пожара и фаза объемного распространения пожара. При температуре газовой среды в помещении 300°C происходит разрушение остекления, догорание продуктов сгорания может при этом происходить и за пределами помещения (огонь вырывается из проемов наружу).
- Скачком изменяется интенсивность газообмена: она резко возрастает, интенсифицируется процесс оттока горячих продуктов горения и приток свежего воздуха в зону горения (**IV этап пожара**).
- При этом температура в помещении может кратковременно несколько снизиться. Но, в соответствии с изменением условий газообмена, резко возрастают такие параметры пожара, как полнота сгорания, скорость выгорания и скорость распространения процесса горения.
- Соответственно резко возрастает удельное и общее тепловыделение на пожаре. Температура, несколько снизившаяся в момент разрушения остекления из-за притока холодного воздуха, резко возрастает, достигая $500 - 600^{\circ}\text{C}$.
- Процесс развития пожара бурно интенсифицируется, увеличивается численное значение всех параметров пожара, рассмотренных выше. Площадь пожара, среднеобъемная температура в помещении ($800 - 900^{\circ}\text{C}$), интенсивность выгорания пожарной нагрузки и степень задымления достигают максимальных величин.
- Параметры пожара стабилизируются. Эта **V фаза** наступает обычно на 20 - 25 мин и длится в зависимости от величины и характера пожарной нагрузки еще 20 - 30 мин и более.



Фазы пожара

В настоящее время большинство объектов оборудуются автоматическими системами сигнализации и тушения пожара.

Автоматические системы тушения пожара должны включаться на I или II фазе его развития.

Автоматические системы сигнализации и тушения

Автоматические системы сигнализации должны сработать

Автоматические системы тушения пожара должны включаться на I или II фазе его развития.

В этой фазе пожар еще не достиг максимальной интенсивности развития.

Тушение пожара передвижными средствами начинается, как правило, через 10-15 мин после извещения о пожаре, т.е. через 15—20 мин после его возникновения (3-5 мин до срабатывания системы сигнализации о пожаре; 5—10, а то и более, мин — следование на пожар; 3—5 мин разведка и боевое развертывание).

То есть, тактико-технические действия, как правило, начинаются на III— IV фазе, а иногда и на V фазе развития пожара, когда его параметры достигли наибольшей интенсивности своего развития или максимального значения.

Основные параметры пожара

- 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.

Основные параметры пожара

- К основным параметрам развития пожара относят: продолжительность пожара, площадь пожара, температуру пожара, скорость распространения пожара, скорость выгорания горючих веществ и материалов, интенсивность газообмена, интенсивность или плотность задымления,
- Продолжительность пожара - $t_{\text{п}}$ [мин].
Продолжительностью пожара называется время с момента его возникновения до полного прекращения горения.
- Площадь пожара - $S_{\text{п}}$ [м.²]. Площадью пожара называется площадь проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость.

Площадь пожара

Температура пожара T_n [K]; t_n [°C].

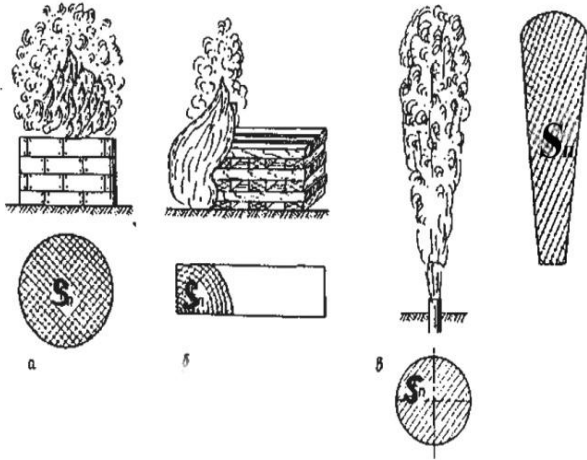


Рис. 1. 7.Площадь пожара:
а – при горении жидкости в резервуаре; б – при горении штабеля пиломатериалов; в – при горении газонефтяного фонтана.

Под температурой внутреннего пожара понимают среднеобъемную температуру газовой среды в помещении, а под температурой открытого пожара - температурой пламени.

Температура внутренних пожаров, как правило, ниже, чем открытых.

Для открытых пожаров установлено, что доля тепла, передаваемого из зоны горения излучением и конвекцией, составляет 40-50% от Q_n . Оставшаяся доля тепла (60-70% от Q_n) идет на нагрев продуктов горения. Таким образом, 60-70% от теоретической температуры горения данного горючего материала дадут приближенное значение температуры пламени. Температура открытых пожаров зависит от теплотворной способности горючих материалов, скорости их выгорания и метеорологических условий. В среднем максимальная температура открытого пожара для горючих газов составляет 1200-1350°C, для жидкостей 1100-1300°C и для твердых горючих материалов органического происхождения 1100-1250°C.

Линейная скорость распространения горения – V_n [м/мин], [м/сек] - дальность распространения фронта пламени по поверхности горючего материала в единицу времени. Определяет площадь пожара. Зависит от вида и природы горючих веществ и материалов, от способности к воспламенению и начальной температуры, от интенсивности газообмена на пожаре и направленности конвективных газовых потоков, от степени измельченности горючих материалов, их пространственного расположения и других факторов.

Основным фактором, определяющим параметры пожара, является вид и величина **пожарной нагрузки**. Под пожарной нагрузкой объекта понимают массу всех горючих и трудногорючих материалов, приходящихся на 1 м² площади пола помещения или площади, занимаемой этими материалами на открытой площадке:

$$P_{\text{г.н.}} = \frac{P}{F}$$

Где $P_{\text{г.н.}}$ - пожарная нагрузка;
 P - масса горючих и трудногорючих материалов, кг;
 F - площадь пола помещения или открытой местности, м².

В зданиях пожарная нагрузка для каждого этажа определяется отдельно. Масса горючих элементов чердачного перекрытия и покрытия включается в пожарную нагрузку чердака. Величина пожарной нагрузки для некоторых помещений принимается следующей:

- для жилых, административных и промышленных зданий величина пожарной нагрузки не превышает 50 кг/м² (если основные элементы зданий негорючие);
- средняя величина пожарной нагрузки в жилом секторе составляет для однокомнатных квартир 27 кг/м², для двухкомнатных - 30 кг/м², для трехкомнатных - 40 кг/м²;
- в зданиях III степени огнестойкости пожарная нагрузка составляет не менее 100 кг/м²;
- в производственных помещениях, связанных с производством и обработкой горючих веществ и материалов, пожарная нагрузка составляет от 250 до 500 кг/м²;
- в складских помещениях, сушилках и т.п. пожарная нагрузка достигает 1000-1500 кг/м²;
- в помещениях, в которых расположены линии современных технологических процессов и в высокостеллажных складах она составляет 2000-3000 кг/м².

Скорость выгорания горючих веществ и материалов.

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/(м²·с).

Интенсивность или плотность задымления – I_з.

Эти параметры пожара характеризуются ухудшением видимости и степенью токсичности атмосферы в зоне задымления. Ухудшение видимости при задымлении определяется плотностью, которая оценивается по толщине слоя дыма, через который не виден свет эталонной лампы, или по количеству твердых частиц, содержащихся в единице объема, и измеряется в г/м.³

| Наименование дыма | Плотность дыма, г/м ³ | Видимость предметов, освещаемых лампой в 21 свечу, м |
|-----------------------|----------------------------------|--|
| Дым плотный | Более 1,5 | До 3 |
| Дым средней плотности | От 0,6 до 1,5 | От 3 до 6 |
| Дым слабой плотности | От 0,1 до 0,6 | От 6 до 12 |

Теплота пожара - Q_п [кДж/с]. Теплота пожара характеризует, какое количество тепла выделяется в зоне горения в единицу времени.

Интенсивность газообмена - I_г кг/(м.²с).

Интенсивностью газообмена называется количество воздуха, притекающее в единицу времени к единице площади пожара.

Различают требуемую интенсивность газообмена – I_г^{т_р}, фактическую - I_г^ф.

Требуемая интенсивность газообмена показывает, какое количество воздуха должно притекать в единицу времени к единице площади пожара для обеспечения полного сгорания материала.

Поскольку полное горение в условиях пожара практически никогда не достигается, то I_г^{т_р} характеризует удельный расход воздуха, при котором возможна максимальная полнота сгорания горючего материала.

Фактическая интенсивности газообмена характеризует фактический приток воздуха на пожаре, а, следовательно, полноту сгорания, плотность задымления, интенсивность развития и распространения пожара и другие параметры.

Интенсивность газообмена относится к внутренним пожарам, где ограждающие конструкции ограничивают приток воздуха в объем помещения (а следовательно, и в зону горения), но проемы в ограждающих конструкциях позволяют определить количество воздуха, поступающего в объем помещения.

На открытых пожарах воздух поступает из окружающего пространства непосредственно в зону горения и расход его остается неизвестным.